

MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES PARA O CAIS “FERRY” DE VILA DO PORTO

Fernando Oliveira, Engenheiro Civil, OFM – Obras Públicas, Ferroviárias e Marítimas, S. A.

Andreia Barata, Lic. em Ciências Geofísicas - Oceanografia, HIDROPROJECTO, SA

Mário Teles Engenheiro Hidrógrafo, HIDROPROJECTO, SA

RESUMO

Constitui objectivo principal deste Estudo a análise da influência da adopção de uma solução estrutural contínua no Cais “Ferry” nas condições de tranquilidade junto ao actual Cais Comercial do Porto de Vila do Porto, ilha de Santa Maria. A determinação das condições de tranquilidade no interior do porto foi obtida através do recurso à modelação matemática da propagação da ondulação proveniente do exterior. Foram também avaliadas as taxas de operacionalidade junto aos cais comercial existente e do “Ferry” a construir. Cruzando os índices de agitação calculados pelo modelo de propagação da ondulação, com os critérios de operacionalidade dos navios atracados aos cais.

CONFIGURAÇÕES EM ANÁLISE

Constitui objectivo principal deste Estudo a análise da influência da adopção de uma solução estrutural contínua no Cais “Ferry” nas condições de tranquilidade junto ao actual Cais Comercial do Porto de Vila do Porto, ilha de Santa Maria. Procedeu-se à análise comparativa de duas soluções, a Solução Base posta a concurso, em estrutura aberta, e uma Solução Variante, em estrutura contínua à luz das condições de agitação marítima associadas a cada uma delas não só junto ao Cais comercial como também junto ao próprio terminal projectado.

APRESENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES

Nas páginas seguintes apresenta-se esquemas gráficos com as principais características da Solução Base e da Solução Variante.

A experimentação de configurações para o Cais “Ferry” do Porto de Vila do Porto foi conduzida em duas fases:

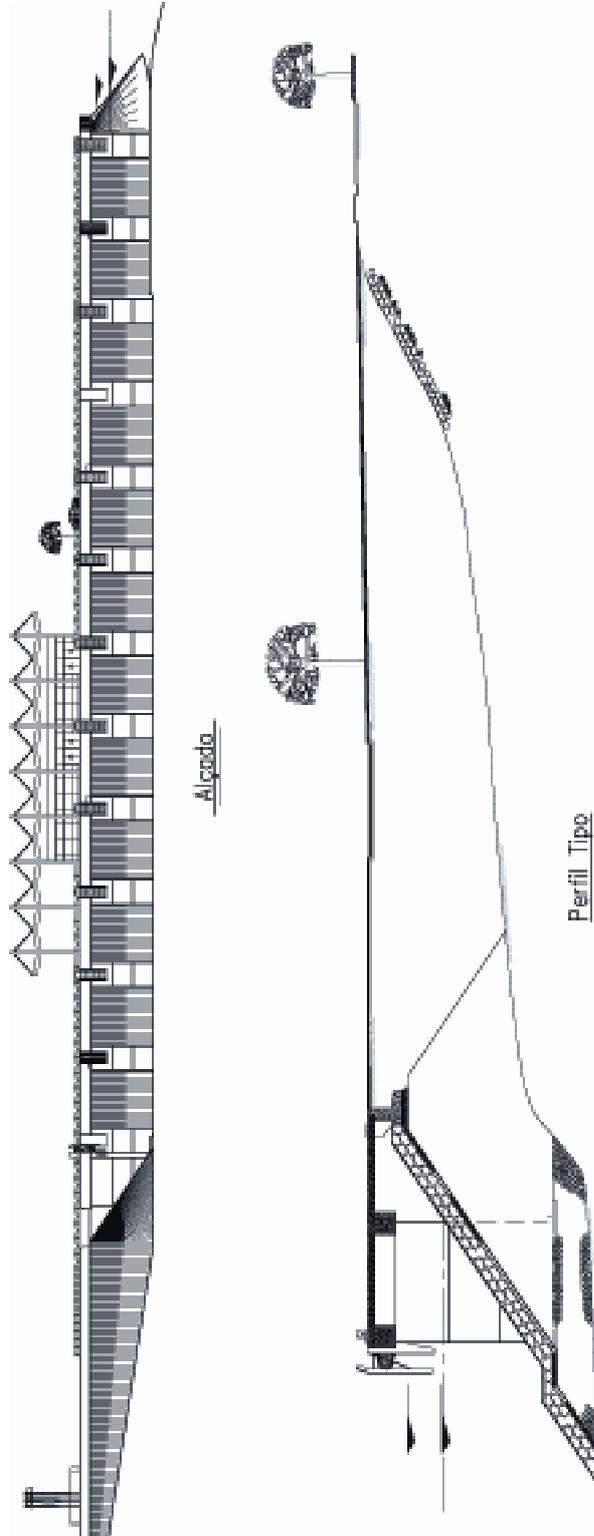
- Na 1ª fase ensaiaram-se a situação actual da zona de implantação do cais, representada na Figura [2], e a Solução Variante projectada para o Cais “Ferry”, cuja configuração se mostra na Figura [3]. Esta solução assenta na implantação de um cais impermeável, vertical.
- Na 2ª fase ensaiou-se a Solução Base, cuja configuração é semelhante à da Solução Variante, com cais em infraestrutura aberta formada por pilares de aduelas.

A diferença entre as duas situações reside nas condições de reflexão do paramento do cais.

MÉTODO DO ESTUDO

A determinação das condições de tranquilidade no interior do porto de Vila do Porto foi obtida através do recurso à modelação matemática da propagação da ondulação proveniente do exterior. A obtenção de soluções para a propagação da ondulação neste domínio de cálculo requer o recurso a um modelo que retenha, além dos processos de refração e de difração, a fenomenologia dos processos de reflexão e de absorção da energia das ondas na presença das estruturas marítimas de protecção das bacias portuárias. Recorreu-se para este efeito ao modelo MIKE21-BW do Danish Hydraulic Institute (DHI) que permite a especificação como condição fronteira de terra condições de reflexão total ou parcial, através da inclusão do efeito de dissipação em meio poroso em função da especificação da porosidade do meio.

SOLUÇÃO BASE



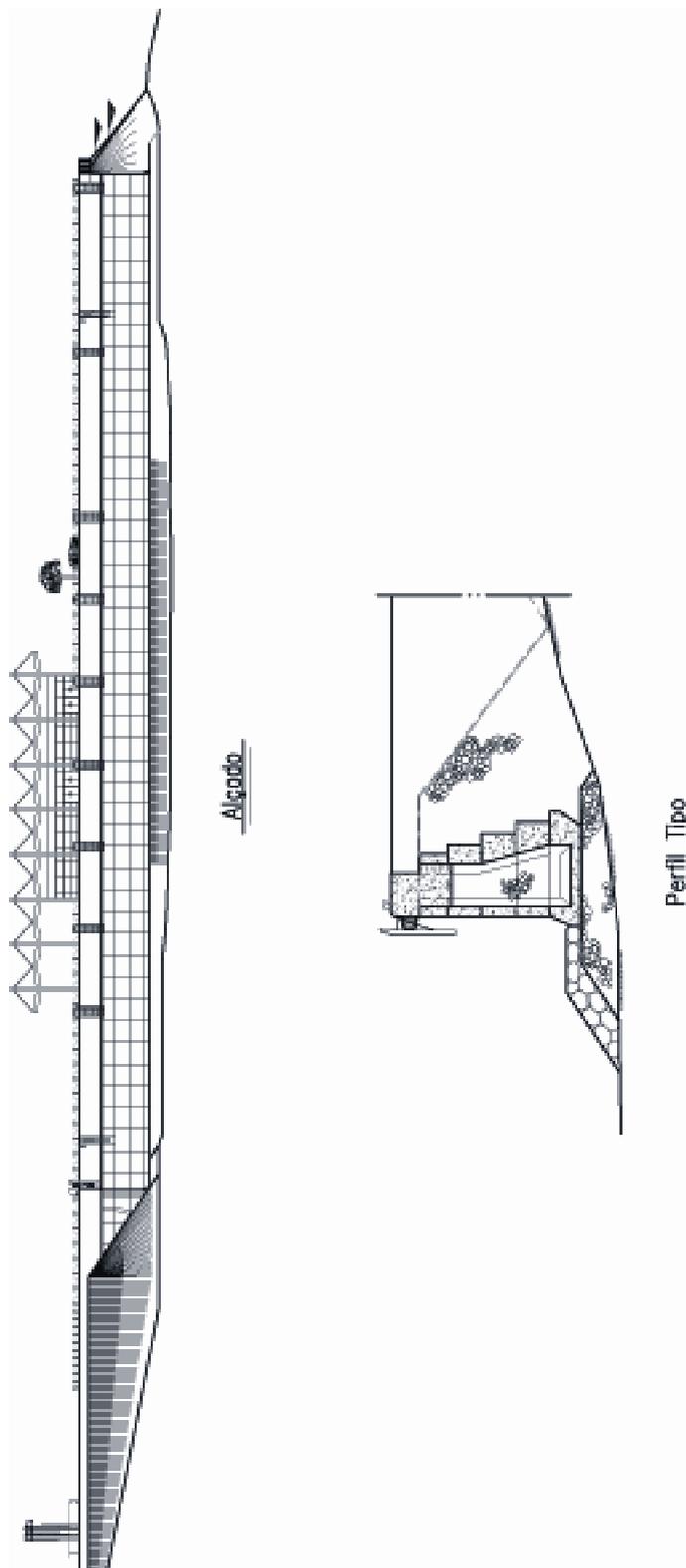
SOLUÇÃO

VARIANTE

-

OFM,

SA



O domínio de cálculo do modelo de propagação da ondulação foi construído sobre uma malha regular com 314x630 células de cálculo, com as dimensões de 5x5 metros. Representa a totalidade da bacia portuária do Porto de Vila do Porto e a zona exterior adjacente até à batimétrica de 20 metros, desde a Ponta do Malmerendo, a oeste, até cerca de 1000 metros para leste da Ponta do Marvão. Na sua construção foram utilizadas o plano hidrográfico do Porto de Vila do Porto, elaborado na escala 1:7500 e a carta náutica da ilha de Santa Maria, integrados na carta náutica nº 46407 publicada pelo Instituto Hidrográfico, e um levantamento hidrográfico do porto e da zona adjacente.

Foram efectuadas simulações para avaliação das condições mais desfavoráveis para a tranquilidade da bacia portuária na sua configuração actual e nas condições das soluções projectadas. Foram considerados os rumos SW, S e SE. Em todas as simulações foi adoptada a altura significativa $H_s=H_{mo}= 1,0$ metro, o período de pico de 10 segundos e a altura de maré, $H_{maré}= 2,0$ metros, o que corresponde a preia-mar (PM). Foram especificadas as condições de reflexão nas estruturas existentes, nas diferentes configurações. Os respectivos coeficientes de reflexão – que no modelo utilizado são traduzidos por um coeficiente de porosidade - variaram no intervalo 0,4 a 1,0.

Foi efectuada uma análise de sensibilidade às condições de reflexão na estrutura a construir. A diferença entre as duas configurações reside nas condições de reflexão da zona do cais a construir. Na Solução Variante, totalmente reflexiva, foi especificado o coeficiente de reflexão máximo, 1,0. Para a Solução Base foram consideradas três condições de reflexão, que se diferenciam entre si pela combinação que para cada uma foi feita dos coeficientes de reflexão de cada um dos elementos constituintes da estrutura. Estes elementos são os pilares de aduelas, aos quais se associou o coeficiente de reflexão 1,0 e as zonas de enrocamento existentes entre eles, às quais se associou o mesmo coeficiente de reflexão que na situação actual, 0,4. Consideraram-se três alternativas para simulação desta estrutura:

- a) Coeficiente de reflexão médio, igual a 0,6: atribuiu-se à totalidade da extensão da estrutura um mesmo valor, considerando que a presença de pilares verticais conduziria a um aumento das condições de reflexão relativamente à situação actual. O valor médio do coeficiente de reflexão é aproximadamente a média dos coeficientes, pesada pela área ocupada pelos diferentes tipos de estrutura.
- b) Coeficiente de reflexão médio, igual a 0,5: por forma a avaliar a sensibilidade das condições de tranquilidade junto ao Cais Comercial a este parâmetro considerou-se na totalidade da extensão da estrutura um valor constante do coeficiente de reflexão igual a 0,5.
- c) Coeficientes de reflexão individualizados para cada elemento estrutural: por forma a pormenorizar as características da estrutura atribuiu-se à extensão ocupada por cada pilar e ao espaço entre eles os respectivos coeficientes de reflexão. Considerou-se que a distância entre os pilares é dupla da largura de cada pilar.

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MODELAÇÃO

Apresentam-se nas Figuras [1] a [3] os resultados da modelação matemática da propagação da ondulação na bacia portuária de Vila do Porto.

Os resultados da simulação da Situação de Referência, Figuras (1) e (6), mostram que a penetração da ondulação no sector sul da bacia portuária é dominada pela difracção na cabeça do molhe exterior. A onda incidente propaga-se ao longo desse molhe, resultado este que é confirmado pelas informações existentes, provenientes de observação por inspecção. Por aquela razão, as condições médias de tranquilidade na bacia portuária são directamente influenciadas pela reflexão da ondulação na sua margem W. O índice de agitação na bacia portuária não excede 0,44.

Na comparação de soluções optou-se por representar em cada figura a Situação de Referência em cima, a Solução Variante a meio da página e a Solução Base em baixo.

As figuras mostram que a implantação das soluções praticamente não altera o padrão de propagação da ondulação no interior da bacia portuária, ver Figuras (3) e (4) e também (11) e (12). As distribuições do índice de agitação ao longo do Cais Comercial nas duas soluções

permanecem semelhantes, não havendo praticamente distinção entre elas. Em relação à situação de referência, o índice de agitação médio passa do intervalo entre 0,26 e 0,35 para o intervalo entre 0,35 e 0,44.

Pelo contrário, os acréscimos do índice de agitação que ocorrem junto ao próprio Cais “Ferry”, embora sejam da mesma ordem de grandeza nas duas soluções, ocorrem ao longo de todo o cais para a Solução Variante e estão confinados ao seu sector leste para a Solução Base. Na Solução Variante obtêm-se junto ao Cais “Ferry” índices de agitação médios na gama de 0,44 a 0,53 e máximos de 0,62, enquanto na Solução Base se obtêm índices de agitação médios na gama entre 0,35 a 0,44 e máximos de 0,53.

Os valores obtidos para os índices de agitação dependem dos valores utilizados para o coeficiente de reflexão. Os coeficientes que se utilizaram nesta aplicação correspondem a valores elevados relativamente aos valores recomendados na literatura, pelo que os resultados obtidos estarão calculados pelo lado da segurança. Ainda que os valores obtidos sejam dependentes dos valores do coeficiente de reflexão utilizados mantém-se a validade da análise comparativa das diferentes geometrias.

ESTIMATIVA DAS TAXAS DE OPERACIONALIDADE DOS CAIS

Para além da comparação dos valores do índice de agitação junto ao novo cais e junto ao cais comercial, foram também avaliadas as taxas de operacionalidade junto aos cais comercial existente e do “Ferry” a construir. As taxas de operacionalidade foram estimadas com base na transferência do clima de agitação ao largo para a vizinhança dos cais, com recurso aos índices de agitação calculados pelo modelo de propagação da ondulação, cruzada com os critérios de operacionalidade dos navios atracados aos cais. As taxas de operacionalidade estimadas para o Cais Comercial e para o projectado Cais “Ferry” são as seguintes:

Cais Comercial:

- Situação de Referência (actual): 91% ou 332 dias por ano
- Com as soluções Variante e Base: 87% ou 318 dias por ano

Cais “Ferry”:

- Com a Solução Variante: 73% ou 266 dias por ano
- Com a Solução Base: 86% ou 314 dias por ano

Para determinar as taxas de operacionalidade junto aos dois cais recorreu-se aos critérios de onda limite em portos comerciais para a operação de navios, preconizados no Relatório da PIANC, Referência [6], citado por Marcos Rita, Referência [7]. Os limites adoptados foram os seguintes:

- navios de carga geral: 0,7 metros
- navios “roll-on/roll-off”: 0,5 metros

As alturas das ondas junto aos cais foram calculadas aplicando às alturas das ondas registadas no exterior do molhe, disponíveis em documentação da Consulmar disponibilizados no Processo de Concurso, os índices de agitação médios determinados no decurso da modelação matemática e referidos na secção anterior. Os resultados desta operação estão indicados no eixo das abcissas das Figuras [4], [5] e [6], (13, 14 e 15) respectivamente para os índices de agitação de:

- 0,3: referente ao Cais Comercial na Situação de Referência
- 0,4: referente ao Cais Comercial com as soluções Variante e Base e ao Cais “Ferry” com a Solução Base
- 0,5: referente ao Cais “Ferry” com a Solução Variante.

Admitiu-se que no futuro Cais “Ferry” vigorará, com a Solução Base, um regime de alturas das ondas idêntico ao do Cais Comercial.

CONCLUSÕES

Da análise dos resultados efectuada na secção precedente conclui-se que:

- As alterações das condições de tranquilidade vigentes ao longo do Cais Comercial, estabelecido no molhe exterior, produzidas pela implantação de qualquer das duas soluções Variante e Base para o Cais “Ferry” são semelhantes. A taxa de operacionalidade actual do Cais Comercial sofre uma redução de cerca de 4% com qualquer das soluções.
- Para o Cais “Ferry”, os índices de agitação obtidos na Solução Variante são superiores cerca de 25% relativamente aos obtidos na Solução Base. As taxas de operacionalidade do Cais “Ferry” para as duas soluções situam-se entre 73% e 86%. Note-se, no entanto, que a maioria dos dias de inoperacionalidade ocorre no Inverno, época em que o “ferry” não opera, o que retira à diferença entre as duas soluções qualquer significado.

As simulações foram efectuadas retendo condições de fronteira extremas, na medida em que foram especificadas ondas de período 10 segundos, em situação de preia-mar de águas vivas e rumo sul. Estas condições conferem maior segurança aos resultados do que se tivessem sido adoptadas condições médias, nomeadamente um período de cerca de 7 segundos e altura de maré de 1 metro, (NM).

REFERÊNCIAS:

1. DHI Software, MIKE 21: Waves – Boussinesq Wave Module. Scientific Documentation, 1999
2. Madsen, P. A. and Sorensen, O. R., A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics, Part 2: A Slowly – varying Bathymetry. Coastal Engineering, 18, pp 183-204, 1999
3. Madsen, P. A., Murray, R. and Sorensen, O. R. A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics, Part 1. Coastal Engineering, 15, pp 371-388, 1991.
4. Madsen, P. A., Wave reflection from a Vertical Permeable Wave Absorber. Coastal Engineering, 7, pp 381-396, 1983.
5. Abbott, M. B., Petersen, H. M. and Skovgaard, O.,. On the Numerical Modelling of Short Waves in Shallow Water. Journal of Hydraulic Research, 16, pp. 173-204, 1978.
6. PIANC, Movement of Moored Ships at Berth, 1992
7. Marcos Rita, Critérios de operacionalidade e segurança dos navios nos cais, 1984.

ANEXO

NOTA TÉCNICA JUSTIFICATIVA DAS RAZÕES QUE CONDUZIRAM À NECESSIDADE DE ELABORAÇÃO DUM ESTUDO DE MODELAÇÃO MATEMÁTICA

1. INTRODUÇÃO

A Junta Autónoma do Porto de Ponta Delgada (JAPPD) lançou a Concurso uma Empreitada que tinha por objecto a construção de uma estrutura acostável, avançada em relação á actual área existente no saco da bacia portuária, por forma a criar um novo terraplano onde se previu executar, também no âmbito desta empreitada, um aterro devidamente pavimentado e infraestruturado, bem como a construção de uma gare de passageiros.

O projecto patenteado a concurso propunha a execução de uma estrutura acostável aberta, com um talude revestido por enrocamentos classificados.

Esta solução quando analisada pelos concorrentes revelou-se bastante cara o que levou alguns desses concorrentes, nomeadamente a OFM, SA e IRMÃOS CAVACO, SA. a apresentarem propostas variantes que reduzissem o custo das obras e se possível com ganhos, em relação ás condições de manutenção e durabilidade da estrutura de acostagem.

Perante este cenário a comissão de análise das propostas decidiu pedir aos concorrentes, que apresentassem, justificações técnicas relativamente às condições de agitação, provocadas pelas suas soluções quando comparadas com o projecto patenteado a concurso, no que respeita à interferência com a actividade portuária.

2. SITUAÇÃO EXISTENTE

A baía onde se construiu na década de 80 o porto comercial de Vila do Porto, na Ilha de Stª Maria, constitui uma reentrância natural da costa tendo o Molhe Cais sido implantado à entrada da enseada.

Foi necessário construir também nessa altura uma estrada de acesso ao Porto Comercial ao longo da base da falésia, sendo os taludes do aterro criado para execução da estrada, devidamente protegidos da agitação incidente com enrocamentos de dimensões apropriadas.

Mais tarde foi construído, já no saco do Porto um novo terraplano portuário, também ele protegido da agitação incidente, por enrocamento de garras adequadas.

É justamente à frente deste terraplano que se pretende agora construir o novo Terminal Ferry.

Partimos assim de uma situação actual em que todos os taludes da zona que bordeja a bacia portuária, nomeadamente aqueles que se situam nas imediações do Porto Comercial (Estrada de Acesso) e (Terraplano do Saco do Porto) são pouco reflectores da agitação incidente, para uma nova situação em que se pretende construir uma estrutura mais avançada que vem concerteza alterar, embora de uma forma pouco significativa, as condições de operacionalidade do Porto Comercial, quer se trate do projecto patenteado a concurso, quer da maioria dos projectos variantes apresentados.

3 - PROJECTO PATENTEADO A CONCURSO

3.1- Estrutura Acostável

A solução preconizada para o cais de acostagem do novo Terminal Ferry no Projecto Patenteado a Concurso é uma estrutura aberta constituída por pilares de aduelas pré-fabricadas apoiados em maciços de enrocamento de fundação e sobre os quais se construirá uma estrutura reticulada de vigas de betão armado, para suportarem uma laje, de tabuleiro constituída por pré lajes, sobre as quais se irá betonar a lâmina de compressão.

Para que os taludes do aterro do novo terraplano não sofram a erosão provada pela agitação marítima está igualmente prevista a sua protecção.

3.2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SOLUÇÃO PROPOSTA PELA OFM, SA

Ao apresentar uma solução porticada e aberta, o projectista claramente apostou numa obra que introduzisse o mínimo de perturbação possível na exploração portuária, nomeadamente no

Cais Comercial, pelo facto de construir agora um novo Terminal nas imediações do Porto Comercial.

Esta pareceria, sem dúvida alguma, uma vantagem que á primeira vista se julgava inquestionável.

No entanto, quando analisadas detalhadamente outras alternativas fica claro que essa aparente vantagem, no caso em apreço, não é assim tão grande quanto se pensava.

(ver estudos detalhados apresentados pela HIDROPROJECTO, S.A.).

Acresce ainda que as desvantagens de tal solução são até bastante penalizantes em relação aos projectos variantes apresentados pelo OFM, SA .e pelos IRMÃOS CAVACO, SA

De facto, um talude revestido com enrocamento é sempre passível de ser erodido e portanto necessita de manutenções periódicas, como iria ser certamente o caso da protecção que se construísse no talude que fica debaixo do tabuleiro cais.

Além disso o enrocamento previsto no projecto patenteado a concurso não tem, em nossa opinião, peso suficiente para resistir à agitação incidente, bastando até compará-lo com o existente na protecção do actual terraplano, para constatar que tem peso inferior. Esta é uma das grandes desvantagens mas outras mais haverá como as que a seguir se referem:

- Difícil reparação / manutenção do talude de enrocamento em caso de acidente, obrigando a demolir o tabuleiro em grandes extensões, para intervir no revestimento do talude;
- Laje do tabuleiro vulnerável á acção das ondas por pressão das mesmas por debaixo dessa laje;
- Estrutura do tabuleiro e das aduelas em betão armado com custo de manutenção elevadas, pelo facto da inevitável corrosão das armaduras em contacto com o ambiente marítimo.

4. PROJECTOS VARIANTES

O cais acostável que se pretende construir está localizado a profundidades não muito elevadas e as cotas de serviço do mesmo são necessariamente pouco exigentes, pelo que as opções estruturais não são muito diversificadas.

De facto, as pequenas profundidades eliminam logo á partida a **solução em caixotões** (só rentáveis a partir de mais de 10 a12m de tirante de água).

Para ir ao encontro da intenção de reduzir ao máximo a interferência desta nova estrutura com a actividade do Porto Comercial, surgem as **Soluções em Estacas** que no caso em apreço é de muito difícil execução e bastante onerosa já que seria preciso perfurar a rocha para instalar as estacas no "bed rock".

Restam assim **4** alternativas:

- ⇒ **Cais continuo de Blocos;**
- ⇒ **Cais continuo de aduelas;**
- ⇒ **Cais continuo de aduelas perfuradas;**
- ⇒ **Cais de blocos "perfurados".**

A solução estrutural do **cais continuo em blocos** é a que corresponde ao projecto variante da OFM, SA pelo que vai ser analisada com mais em detalhe nos pontos seguintes.

- Refira-se no entanto e desde já alguns aspectos essenciais da mesma nomeadamente no que diz respeito ao facto de ser uma estrutura onde:
- Existe larguíssima experiência, na sua construção e sempre com sucesso, não havendo razões de preocupações no que se refere as sequências construtivas executadas quase sem riscos;

- A durabilidade não tem praticamente limites;
- O custo de manutenção é desprezível durante a vida útil da estrutura;
- Eventuais correcções devidas a assentamentos (com reduzidíssima probabilidade de ocorrência) e ainda assim, se necessário serão efectuadas a muito baixo custo.

A solução **estrutural de cais continuo em aduelas** mantém praticamente quase todos os benefícios do cais continuo em blocos, sendo no entanto de realçar pela negativa, o facto de se tratar de uma infra-estrutura em peças de betão armado com desvantagens inerentes à utilização do aço em estruturas no meio marítimo.

O **cais continuo em aduelas perfuradas** além das desvantagens inerentes a uma maior área de exposição das peças armadas pelo facto de haver “Janelas”, não traz no caso do Porto da Vila do Porto, vantagens acrescidas pois essas aberturas nas aduelas não têm um efeito digno de registo na redução da reflexão. Pela mesma razão que as mesmas não resultam também na solução de blocos “perfurados” que iremos analisar mais detalhadamente a seguir, e que foi proposta por um dos concorrentes.

A solução estrutural do **cais em blocos perfurados** pareceria á partida a solução ideal, já que alia o facto de ser uma estrutura em betão simples com vantagens que daí advêm, e ter nas “perfurações” preconizadas um factor aparentemente redutor de reflexão da agitação incidente na frente acostável, (mas só aparentemente).

De facto o que pareceu ser uma boa ideia do projectista para resolver o problema da reflexão em superfícies verticais acostáveis não o é efectivamente no caso da Vila do Porto, nem na maioria das outras situações em que este problema se coloca.

Soluções deste tipo têm sido estudadas ao longo dos anos, nomeadamente pelos Japoneses, mas no fundo sem aplicações prática, porque existe uma grande dependência destas soluções em blocos perfurados, relativamente às condições de agitação.

Na realidade, a consulta da extensa bibliografia permite verificar que existe desde há muitos anos um elevado numero de blocos patenteados, especialmente no Japão, e também noutros países, mas cuja utilização está não só longe de ser generalizada como até se constata que têm sido muito pouco aplicados.

A razão de ser de tudo isto tem a ver com a relação entre o comprimento da onda de agitação incidente e a largura da “perfuração” (abertura) dos blocos, verificando-se que só para cumprimento de ondas pequenos e aberturas grandes na parede dos cais, o efeito das reentrâncias tem resultados práticos em termos de redução do efeito reflector.

Essa situação, não é sem dúvida alguma aplicável a Vila do Porto, porque não só as ondas que atingem a face acostável do novo cais têm comprimentos de onda grandes mas também as aberturas não têm dimensões suficientes para terem efeito desejado (redução do efeito reflector).

Assim sendo tudo se passa como se de um cais vertical se tratasse já que o efeito que se pretendia não resulta como se pode ver pela figura que a seguir se apresenta e que foi extraída da bibliografia da especialidade (Design of Vertical Breawaters by Shigeo Takahash).

Em Portugal já houve vários concursos onde variantes destas foram apresentadas, com os concorrentes a prometerem efeitos redutores da reflexão, mas que não conseguiram provocar inequivocamente existirem de facto.

O caso mais paradigmático foi o Terminal Multipropose de Sines construído no início da década de 80, tendo o Empreiteiro Condotte d’Água apresentado uma variante para o cais em caixotões com aberturas, as quais, depois de se provar que não teriam efectivamente efeitos práticos de redução da reflexão, foram retiradas do projecto, tendo-se construído caixotões de paredes fechadas como é usual.

Por esse facto, nenhuma solução com “janelas” foi até agora construída porque se provou sempre que o efeito das “aberturas” nas paredes verticais, quer soluções de Aduelas ou Caixotões, quer em blocos que não tinham o efeito pretendido, exactamente porque a agitação

incidente não tem, em geral, pequenos comprimentos de onda e as “aberturas” são muito reduzidas para produzir efeitos práticos (redução do efeito de reflexão).

Um exemplo prático permite visualizar com mais nitidez o que acima foi exposto.

Considerando ondas incidentes com períodos de $T=10$ s as mesmas atingem o cais, que situa a profundidades da ordem de $(-5,00\text{m})$ ZH, com um comprimento de onda de $L=80\text{m}$, pelo que com “Janelas” abertas no cais com larguras de ordem de $L=1,5\text{m}$ o coeficiente de reflexão seria da ordem de $K_r=0,8$ ou $0,9$ já que $L=0,019$ (ver gráfico).

De facto para que o coeficiente de reflexão fosse da ordem de $K_r=0,3$ a abertura teria ser $L=0,2 \times 0,80=16\text{m}$, o que está muito longe de ser exequível, qualquer que fosse a solução apresentada.

Um outro exemplo usando ondas de período $T=4\text{s}$ (pouco frequentes) a que correspondem comprimentos de onda junto à obra de $L=24\text{m}$.

Para aberturas da ordem $l=1,5\text{m}$ o que daria um coeficiente de reflexão da ordem $K_r=0,7$.

Mais uma vez para que ondas com este período ao incidirem no cais o mesmo pudesse ter um efeito reflector com $K_r=0,3$ a “abertura” deveria ser de $L=0,2 \times 24=4,8\text{m}$ o que ainda assim é demasiado para serem contempladas nos Projectos de cais contínuos.

Perante estes exemplos fica claramente demonstrada a ineficácia que as “aberturas” nos blocos têm na redução do coeficiente de reflexão da agitação incidente, já que os comprimentos de onda são ainda bastante elevados junto à obra e as “janelas” ainda demasiado pequenas para sentirem efeito.

5 - PROJECTO VARIANTE OFM / PROJECTO PATENTEADO

Quando a OFM, SA estudou a proposta base a apresentar ao concurso verificou que não só a sua construção era cara como também a mesma teria no futuro elevados custos de manutenção, sem que estes factores desfavoráveis sejam compensados pelos efeitos benéficos de uma eventual redução dos coeficientes de reflexão apesar de se tratar de uma estrutura aberta.

De facto, os estudos que encomendámos a uma empresa independente como a HIDROPROJECTO, SA vieram provar que projecto variante apresentado pela OFM, SA não introduz agravamentos dignos de registo na exploração portuária, relativamente ao projecto patenteado a concurso, apesar de se tratar de uma estrutura em cais contínuo de blocos.

Os estudos de modelação matemática da agitação marítima no interior do Porto de Vila do Porto, demonstram cabalmente que não se registam diferenças dignas de registo, entre a agitação provocada pela Solução Base em estrutura aberta e a Solução Variante da OFM, SA em cais contínuo de blocos, na exploração portuária, nomeadamente no que respeita ao Cais Comercial.

Uma vez provada, através do Relatório que contem o Estudo de Modelação Matemática, a semelhança em termos de agitação marítima interior do Porto da Vila do Porto de ambas as soluções vejamos agora as principais vantagens da Solução Variante relativamente à Solução Base.

O facto do Projecto Variante apresentado pela OFM, SA prever a construção de uma infraestrutura do cais em blocos de betão simples, com um prisma de alívio em enrocamento, permitindo a execução de um aterro contra as colunas de blocos, as quais se vai dar continuidade através da execução de uma superestrutura também em betão simples, permite desde já garantir a solidez da construção e a redução drástica da vulnerabilidade da mesma no que respeita ao ataque da agitação incidente.

Assim podemos apontar agora as vantagens evidentes da Solução Variante da OFM, SA em relação À Solução Base;

- Construção praticamente isenta de riscos graves;

- Elementos estruturais em betão simples garantindo assim uma maior durabilidade da infra-estrutura;
- O tipo de cais projectado está praticamente isento de obras de manutenção durante o seu período de vida, ao nível dos seus elementos estruturais;
- Não existem mais preocupações com as obras de manutenção dos taludes de enrocamento debaixo do cais, como aconteceria no Caso da Solução Base com graves problemas de necessidade de destruição da laje do tabuleiro nos locais a reparar
- A superestrutura do cais fica confinado á execução de uma viga de coroamento e o pavimento de terraplano portuário encosta a essa viga.
- Não existe mais o problema da vulnerabilidade da laje do tabuleiro do cais já que a mesma foi substituída por aterro.
- A não existência de betão armado reduz drasticamente os trabalhos de conservação da estrutura.

6- ESTUDOS DE AGITAÇÃO / OPERACIONALIDADE DO PORTO

Como já foi largamente explicado nos pontos anteriores estes estudos foram elaborados pela HIDROPROJECTO, SA e são apresentados em relatórios autónomos a esta NOTA TÉCNICA.

Estes estudos vêm também confirmar a validade da tese segundo a qual a agitação incidente que entra na bacia portuária vai actuar sobre o novo cais, não frontalmente ao mesmo, mas sim correndo ao longo dele, independentemente do rumo da agitação ao largo.

São claramente visíveis nas fotografias as características da agitação dentro da bacia portuária, em termos do seu rumo após sofrerem a difracção.

Em nenhum momento se observam as ondas a atacarem frontalmente a retenção do terraplano portuário, o que ainda reforça a tese de que de facto as “aberturas” na frente acostável não resolvem nenhum problema.

7- CONCLUSÕES

Os estudos que foram realizados, com vista a analisar a influência que a adopção de um cais continuo “opaco” tem nas condições de tranquilidade, junto ao actual cais Comercial do Porto de Vila do Porto, na Ilha de Santa Maria, conduziram a resultados satisfatórios permitindo ao Dono da Obra optar, sem quaisquer dúvidas pela Solução Variante apresentada pela OFM, SA até porque economicamente é bastante vantajosa não só em termos de investimento imediato, como no futuro, já que a mesma permite reduzir drasticamente os trabalhos de manutenção da infra-estrutura portuária apresentando conseqüentemente uma segurança acrescida.

A razão de ser desta principal conclusão baseia-se no facto das condições de tranquilidade no Cais Comercial quer se adopte a Solução Base ou a Solução Variante da OFM, SA serem IDÊNTICAS EM TERMOS DE OPERACIONALIDADE DO CAIS COMERCIAL (ver Relatório da HIDROPROJECTO, SA) .

7.1- Construção praticamente isenta de riscos graves;

7.2- Utilização em massa de betão simples com evidentes vantagens em relação ao betão armado;

7.3- Obra praticamente isenta de trabalhos de conservação e manutenção;

7.4- Estrutura continua evitando os problemas da sua eventual utilização para navios mais pequenos que se poderiam “meter” nos intervalos entre pilares; conseqüentemente ficarem presos debaixo da laje do tabuleiro;

7.5- Não haverá mais preocupações, nem gastos inoportáveis, em casos de acidente, com os conseqüentes prejuízos por não se poder utilizar o cais, sempre que fosse preciso reparar o talude de enrocamento sob a laje do tabuleiro;

7.6- O pavimento do terraço portuário é uniforme e a sua manutenção fácil de realizar até ao bordo do cais, ao contrário do que aconteceria com a laje do tabuleiro em betão armado para além dos riscos de acidente devido ao ataque da agitação introduzindo esforços sob a base dessa laje.

8 - BIBLIOGRAFIA

PIANC – Movement of moored ships at berth

MARCOS RITA – Dimensionamento Hidráulico de Portos Operacionalidade e Segurança dos navios nos Cais

CONSULMAR – Estudos de agitação no Molhe-Cais de Vila do Porto- SANTA MARIA

Shigeo TAKAHASHI – DESIGN OF VERTICAL BREAKWATERS