



IPTM - Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos

OBRA MARÍTIMA DE ABRIGO NA ZONA PISCATÓRIA DE ANGEIRAS

RECAPE

VOLUME III Estudo Prévio – Trabalhos Complementares (Anexo Técnico)



Janeiro 2011





CONSULMAR



IPTM – INSTITUTO PORTUÁRIO E DOS TRANSPORTES MARÍTIMOS, I.P.

OBRA MARÍTIMA DE ABRIGO NA ZONA PISCATÓRIA DE ANGEIRAS

VOLUME III

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJECTO DE EXECUÇÃO

ESTUDO PRÉVIO – TRABALHOS COMPLEMENTARES (ANEXO TÉCNICO)

CONTROLO

VERSÃO INICIAL

Data do documento	Autor (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)
2011-01-31	LAL	LAL	LCP

ALTERAÇÕES

Versão n.º	Data	Responsável pela alteração (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)	Observações



Índice Geral

Volume I – Sumário Executivo

Volume II – Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução

Volume III – Estudo Prévio – Trabalhos Complementares (Anexo Técnico)

Índice do Texto

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - CONDIÇÕES NATURAIS.....	3
2.1 - FISIOGRAFIA E EVOLUÇÃO COSTEIRA	3
2.2 - TOPO-HIDROGRAFIA E NATUREZA DOS FUNDOS	4
2.3 - DINÂMICA LITORAL.....	5
2.4 - GEOLOGIA.....	6
2.4.1 - Geomorfologia e topografia.....	6
2.4.2 - Geologia e litoestatigrafia.....	7
2.4.3 - Tectónica e sismicidade	8
2.5 - REGIME DE VENTOS	8
2.6 - REGIME DE MARÉS	9
2.7 - REGIME DE CORRENTES	11
2.7.1 - Considerações gerais.....	11
2.7.2 - Campanhas de medições.....	12
2.7.3 - Estudo de modelação matemática	14
2.8 - AGITAÇÃO MARÍTIMA	15
2.8.1 - Regime ao largo	15
2.8.2 - Regime local.....	16
2.8.3 - Valores extremos.....	18
2.8.4 - Estudo de modelação matemática	20
3 - DESCRIÇÃO GERAL DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS	21
3.1 - ANTECEDENTES E ARRANJO GERAL	21
3.2 - SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA O MOLHE DE ABRIGO	23
3.3 - OBRAS INTERIORES	24
4 - COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS.....	26
4.1 - FUNCIONAMENTO ESTRUTURAL E HIDRÁULICO DO MOLHE DE ABRIGO.....	26
4.2 - ESTIMATIVA DE CUSTO	27
4.3 - CONDIÇÕES DE TRANQUILIDADE E ACESSIBILIDADE NA ZONA ABRIGADA	28
4.4 - EFEITOS SOBRE A DINÂMICA COSTEIRA	28
4.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
ADENDA	31
1 - QUANTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MELHORIA DA NAVEGABILIDADE DA ALTERNATIVA 5	31



CONSULMAR



2 – REPERCUSSÕES DA UTILIZAÇÃO DE ANTIFERES DE ALTA DENSIDADE NA CABEÇA DO MOLHE DA ALTERNATIVA 5	35
---	----

ANEXO I – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO MOLHE DE ABRIGO

ANEXO II – ESTIMATIVA DE CUSTOS

ANEXO III – ESTUDOS ADICIONAIS DE MODELAÇÃO MATEMÁTICA



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Regime da Agitação Marítima ao Largo. Distribuição de Rumos, Alturas e Períodos	(O.0905.04/F1)
Fig. 2 - Transferência da Agitação Marítima. Localização do ponto utilizado na Refracção Espectral	(O.0905.04/F2)
Fig. 3 - Transferência da Agitação Marítima. Coeficientes de Altura de onda	(O.0905.04/F3)
Fig. 4 - Transferência da Agitação Marítima. Relação entre Rumos Largo-Local	(O.0905.04/F4)
Fig. 5 - Regime da Agitação Marítima Local. Distribuição de Rumos, Alturas e Períodos	(O.0905.04/F5)

ÍNDICE DE DESENHOS

Des. 1 - Localização e Topo-Hidrografia. Plantas	(O.0905.04_EP_HM_001_0)
Des. 2 - Implantação Geral e Perfis Tipo. Solução Alternativa 4	(ver Des. 1 do RECAPE)
Des. 3 - Implantação Geral e Perfis Tipo. Solução Alternativa 5	(O.0905.04_EP_HM_003_0)
Des. 4 - Implantação Geral. Comparação de Soluções	(O.0905.04_EP_HM_004_0)

1 - INTRODUÇÃO

Na sequência da emissão da Declaração de Impacte Ambiental (Abril 2009), favorável condicionada à Solução Alternativa 4 e do estipulado na reunião posteriormente realizada (Maio 2009) com o IPTM – Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos, I.P., o Consórcio formado pela CONSULMAR, IMPACTE e HIDROMOD, apresenta neste documento os trabalhos então solicitados, complementares ao Estudo Prévio Reformulado relativo ao Projecto da Obra Marítima de Abrigo na Zona Piscatória de Angeiras”.

Tendo em conta a condicionante imposta nos Termos de Referência, de tomar por base as soluções indicadas no item “II.3 Antecedentes do projecto” do EIA, foram encaradas nos estudos precedentes quatro soluções alternativas do molhe de abrigo.

Estas soluções, apresentadas no Relatório da Fase 1 (Plano de Intervenções) destes estudos, podem-se reunir em dois grupos:

- As Alternativas 1 e 2, com comprimentos de 180 e 350 m, respectivamente tendo por objectivo melhorar as condições de abrigo apenas na varagem das embarcações (a Alternativa 1 baseava-se na solução proposta pela C.M. de Matosinhos e a Alternativa 2 numa das soluções preconizadas pelo IHRH);
- As Alternativas 3 e 4, com comprimentos de 462 e 448 m, respectivamente tendo por objectivo, para além da protecção na varagem, propiciar melhores condições de abrigo em relação à agitação durante a navegação de aproximação e partida para a pesca (a Alternativa 3 baseava-se na segunda solução proposta pelo IHRH e a Alternativa 4, partindo desta, optimizava a sua implantação e constituição).

A reanálise dos estudos anteriores que culminaram com a apresentação do Estudo Prévio da obra de abrigo, tendo fundamentalmente em conta os resultados do Estudo de Modelação Matemática da Agitação, permitiu concluir que apenas se deveriam desenvolver as Soluções Alternativas 3 e 4, uma vez que as Soluções Alternativas 1 e 2 não proporcionam condições de abrigo suficientes, pelo que, embora se apresentem com um custo de realização inferior às restantes, estas foram abandonadas por não cumprirem os objectivos mínimos fixados para este projecto.

Em 2007, o Estudo Prévio foi reformulado por forma a apresentar uma comparação das Alternativas 3 e 4, tendo em conta o funcionamento estrutural e hidráulico do molhe de abrigo, uma estimativa de custo, as condições de tranquilidade e acessibilidade na zona abrangida, bem como os efeitos destas alternativas sobre a dinâmica costeira.



Este estudo permitiu considerar que, das duas alternativas analisadas, a Alternativa 4 era a mais favorável ao cumprimento dos objectivos pretendidos, uma vez que se mostrava a mais eficaz na protecção conferida à navegação, apresentando algumas vantagens em termos de durabilidade da sua estrutura, incidências ambientais semelhantes e um custo de realização ligeiramente inferior em relação ao da Alternativa 3.

Não obstante, apesar de eliminadas as Alternativas 1, 2 e 3, são ainda citadas no capítulo “Antecedentes e Arranjo Geral” incluído na DESCRIÇÃO GERAL DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS.

A presente reformulação do Estudo Prévio, pretende, na sequência da emissão da Declaração de Impacte Ambiental (DIA), analisar uma variante à Alternativa 4, designada Alternativa 5, que equivale à Alternativa 4 com 20 m de extensão. Neste estudo comparam-se as Alternativas 4 e 5 no que se refere às seguintes componentes:

- Funcionamento hidráulico e estrutural;
- Segurança das embarcações na entrada da Barra;
- Influência na dinâmica costeira;
- Custo das estruturas.

Este documento está organizado em cinco capítulos. No Cap. 2 caracterizam-se as condições naturais do local que será objecto das intervenções, assim como de toda a faixa costeira envolvente. No Cap. 3 descrevem-se as intervenções propostas. O Cap. 4 diz respeito à comparação das duas soluções preconizadas, sobre os pontos de vista considerados mais relevantes.

Em Anexo são apresentados o pré-dimensionamento do Molhe de Abrigo, os mapas discriminados com as estimativas de custos, bem como o Estudo de Modelação Matemática.

Por último, faz-se notar que neste documento não se inclui o estudo de uma passagem de sedimentos a meio do molhe, através da criação de um troço permeável, conforme sugerido na DIA por, juntamente com o IPTM, se ter verificado que uma solução deste tipo colmataria rapidamente, deixando por isso de desempenhar as funções para as quais teria sido concebida.



2 - CONDIÇÕES NATURAIS

2.1 - Fisiografia e Evolução Costeira

A costa entre os Rios Minho e Douro é baixa e, de um modo geral, arenosa, embora apresente numerosas pontas rochosas e seja frequente a presença de baixios ou Leixões. A batimetria apresenta-se razoavelmente paralela à costa, mas a pequenas profundidades é notável alguma irregularidade, consequência dos diversos afloramentos rochosos.

A orla costeira de Angeiras apresenta uma orientação geral média de NNW-N para S-SSE, entrecortada por uma sucessão de praias encaixadas entre pontas rochosas, formando arcos/"baías" bem delineados. As pontas rochosas, como é exemplo a de Angeiras, prolongam-se para o mar sob a forma de pequenos "cabos" submarinos, notáveis até à batimétrica -5,00 m (ZH) e coroados por uma "cordilheira" de afloramentos rochosos. Estes distribuem-se também ao longo dos arcos formados pelas praias, "aprisionando" entre si "bolsadas" de areia e funcionando como "pé" das praias.

A costa arenosa é assim formada por praias "encaixadas" e "bolsadas" de areia retidas em locais onde a configuração da costa a tal se proporciona: na foz das linhas de água, entre pontas e afloramentos rochosos ou a barlar de estruturas retentoras (esporões, molhes, etc.).

Para o troço de costa onde se situa a área em estudo, com uma extensão da ordem de 10 km, foi feita uma análise comparativa entre fotografias aéreas adquiridas no Instituto Português de Cartografia e Cadastro, e correspondentes a voos realizados em 1965, 1983 e 1994, cobrindo, assim, um período de 30 anos. Naturalmente, uma análise deste tipo enferma de diversas imprecisões e limitações, a haver com questões técnicas (projecção fotográfica, plano de voo, etc.) e oceanográficas (níveis de maré, espraiado das ondas, etc.), que se procurou minimizar, dentro do possível. Não obstante, os dados assim obtidos devem ser entendidos numa perspectiva sobretudo qualitativa.

Numa conclusão sumária desta análise pode referir-se que no troço de costa situado a Norte de Angeiras, numa extensão da ordem de 5 km, de natureza rochosa, com inúmeros promontórios e pontas rochosas perpendiculares à costa, não se verifica uma alteração sensível no andamento da linha de costa nestes trinta anos.

No troço situado a Sul de Angeiras, pelo contrário, verificam-se recuos significativos da linha de costa, que se podem estimar: em cerca de 60/70 m, em média, mas chegando a atingir 90 m pontualmente, na praia imediatamente a Sul (Praia de Pedras do Corgo), com uma extensão da ordem de 1200 m; e 40/50 m na Praia do Corgo, mais para Sul, numa extensão da ordem de 800 m. Para Sul desta praia, em que a costa volta a ser mais rochosa e com



uma orientação próxima de SSE, deixa de se verificar qualquer recuo significativo da linha de costa.

Na praia de Angeiras Sul, em frente do núcleo urbano, verifica-se um avanço da linha de costa, entre 1965 e 1994, da ordem de 15/20 m, certamente resultante do efeito de fixação das areias conferido pelo esporão entretanto construído aproximadamente a meio desta praia.

2.2 - Topo-hidrografia e Natureza dos Fundos

No Des. 1 é apresentada a topo-hidrografia local, de acordo com o levantamento efectuado pela Brigada Hidrográfica n.º 1 do Instituto Marítimo-Portuário, em Janeiro de 2000. No mesmo desenho apresenta-se igualmente a identificação aproximada dos diversos afloramentos rochosos que ocorrem no local em estudo.

Como se pode verificar neste desenho, os fundos são muito irregulares, definindo junto à praia um canal natural com cerca de 50 m de largura, ladeado por dois lajedos rochosos que se prolongam cerca de 180 e 100 m a partir da linha de costa.

Os fundos estão parcialmente cobertos por camadas e “bolsadas” arenosas, com espessura variável, sobre um substrato rochoso que aflora localmente (baixios e leixões) dentro de uma área que se estende desde a praia até aproximadamente à batimétrica -2,0 m (ZH), numa distância de cerca de 400 m.

Actualmente a praia apresenta uma largura da ordem de 60 m em toda a frente do núcleo urbano de Angeiras. Este areal corresponde a uma camada de areia com poucos metros de espessura, que assenta sobre o substrato rochoso e que se acumulou pelo efeito de fixação/retenção dos limites definidos pelos promontórios rochosos situados a Norte e a Sul e por um pequeno esporão situado aproximadamente a meia distância entre estes.

O perfil da praia apresenta uma inclinação média da ordem de 12% na zona do espraído, entre as cotas +7,0 m (ZH) e +1,0 m (ZH), verificando-se depois uma quebra bem marcada na inclinação para além desta última cota, passando a situar-se na ordem de 1,5 a 2%. Na zona mais inclinada a areia é grosseira, acontecendo o inverso na zona mais suave.

Ao longo dos anos, e como foi anteriormente referido, tem-se notado uma redução na área emersa do areal, para além da variação sazonal do perfil de praia, facto que motivou a construção do esporão acima referido.



A observação local das areias da praia e a análise de amostras de sedimentos do fundo realizadas em locais relativamente próximos do local em estudo (Póvoa de Varzim/Vila do Conde) revelou tratar-se de areias finas a médias; quanto ao estrato rochoso, e apesar de não terem sido efectuadas sondagens, é de esperar que se verifique uma continuidade com as formações aflorantes no litoral, pelo que deverá tratar-se de granito.

2.3 - Dinâmica Litoral

O conhecimento da natureza dos fundos e do regime aluvionar é fundamental para a correcta implantação e dimensionamento das obras de abrigo e para a avaliação do impacte destas obras na dinâmica aluvionar existente.

O regime de agitação ao largo do litoral Oeste de Portugal tem uma resultante energética, junto e ao longo da costa, no sentido norte-sul. Esta resultante tem como consequência a existência de um saldo, neste mesmo sentido, do caudal sólido litoral, embora ocorra algum transporte também no sentido oposto, normalmente associado a agitação gerada por ventos locais de SW.

De um modo geral, a magnitude destes caudais e do saldo resultante é actualmente mais limitada pela disponibilidade de sedimentos do que pela capacidade de transporte das ondas, a qual, dada a intensidade do regime de agitação, se cifra em vários milhões de metros cúbicos por ano (total transportável em ambos os sentidos).

A redução no afluxo de sedimentos à costa, seja devido à sua retenção nas barragens ou a causas relacionadas com a ocupação e uso do solo, tem resultado num défice “estrutural” do balanço aluvionar (capacidade de transporte superior à disponibilidade de areias) que, por sua vez, numa tentativa de reequilíbrio, conduz a fenómenos de erosão costeira para “repor” os sedimentos em falta no caudal.

Para além deste caudal sólido litoral, fenómeno cujo ciclo mínimo é o ano, a dinâmica aluvionar compreende ainda fenómenos de carácter sazonal, que se traduzem em movimentos das areias ao longo do perfil da praia. Estes movimentos dão origem aos chamados perfis de Verão e de Inverno, em que ao primeiro corresponde uma maior área de praia emersa, e ao segundo, para além de, por oposição, menor área emersa, corresponde também a formação de uma barra submersa, constituída com a areia retirada da parte superior do perfil.

Quanto ao transporte sólido longilitoral, é generalizadamente aceite que a sua magnitude ao longo da orla costeira em que se insere a praia de Angeiras é relativamente reduzida.



Embora não seja possível estimar com um mínimo rigor a actual magnitude do transporte litoral, ou do seu saldo, as tentativas efectuadas em diferentes estudos, com base na capacidade (teórica) de produção de sedimentos das fontes aluvionares ou na análise da evolução pontual da costa, indicam valores médios da ordem de poucas dezenas de milhar de metros cúbicos por ano.

Dada a fisiografia exibida pela orla costeira envolvente de Angeiras e a baixa magnitude do transporte sólido longilitoral que aí se processará, as variações sazonais no perfil transversal das suas praias assumem certamente uma relevância na configuração/disponibilidade de areal emerso tão ou mais importante do que eventuais alterações no transporte litoral de sedimentos. A presença de baixios e leixões ao longo dos arcos de praia, garante a retenção do seu pé, mas dificulta a reposição dos perfis de verão por acção da agitação mais moderada (quando o transporte se faz essencialmente por “arrastamento”).

Uma interpretação possível para o transporte longilitoral, baseada na fisiografia e regime litoral, consistirá na hipótese de este se realizar diferentemente sobre duas faixas de fundos distintas:

- A componente principal, com sentido norte-sul, ocorrerá sobretudo sobre fundos mais profundos, até por volta de -5,00 m (ZH), faixa onde rebentam as ondas características do regime de tempestades desta costa;
- A componente secundária, com uma influencia sobretudo local, corresponderá à agitação propagada e que, incidindo ao longo das praias, se concentrará sobre as pontas rochosas, diminuindo depois de intensidade para o centro das praias e originando um gradiente de transporte nesse sentido, sem que, porém, tenha um saldo definido. A transposição local de areias entre praias contíguas, processar-se-á sobretudo em situações de preia-mar, por acção das correntes correspondentes à agitação propagada ou à “toalha de água” formada sobre os afloramentos rochosos, gerada pela rebentação das maiores ondas, tratando-se contudo de um transporte também sem saldo definido.

2.4 - Geologia

2.4.1 - Geomorfologia e topografia

O local em análise possui características morfológicas típicas da zona litoral costeira do país, onde predominam as baixas altitudes e um relevo suave, às vezes ondulado (dinâmica dunar), apresentando grandes extensões de território praticamente planas.



Relativamente à topografia, a zona de implantação do projecto apresenta uma morfologia suave, com cotas inferiores a 30 m até aproximadamente 1 km para o interior, a partir da linha de costa.

Ao longo do litoral os afloramentos rochosos são frequentes, não apresentando desníveis significativos relativamente ao fundo arenoso.

A zona de praia possui uma largura de cerca de 50 a 70 m, com cotas a variar entre o ZH, junto ao mar, até cerca de +8,0 m (ZH), no limite das casas que se encontram sobre o cordão dunar.

Verifica-se no entanto um declive acentuado em toda a largura da praia, devido essencialmente à acção das ondas, que se fazem sentir intensamente na zona.

2.4.2 - Geologia e litoestatigrafia

A praia de Angeiras enquadra-se nas características típicas do litoral português, quase rectilíneo, pouco recortado, sem grandes reentrâncias, com troços extensos de praias, baixas e arenosas, embora às vezes semeadas de escolhos.

Os terrenos mais antigos da região são os que se formaram no fundo do mar pré-silúrico e, provavelmente, pré-paleozóico, isto é, o complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico.

A presença de níveis de conglomerado, de elementos grosseiros, intercalados com xistos e grauvaques, indica sedimentação em relação a um litoral próximo. Haveria, portanto, terras emersas, não muito longe, de onde provieram os calhaus rolados de quartzo e de outras rochas que constituem os conglomerados referidos.

De acordo com a Carta Geológica de Portugal, folha 9–C, à escala 1:50.000, no local de projecto predominam as areias e cascalheiras de praia e areias de duna (Período Plio-Plistocénico).

Na zona próxima do local de projecto ocorrem ainda calhaus rolados dispersos, de praias ou terraços desmantelados, sobre uma matriz de granito alcalino (pós-complexo xisto-grauváquico ante-vestefabiano e provavelmente ante-silúrico) e também migmatitos, gneisses, micaxistos e xistos luzentes (pertencentes ao complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico). Estes depósitos ou são trabalhados pelo mar ou têm natureza fluvial.



2.4.3 - Tectónica e sismicidade

De acordo com a Carta de Intensidade Sísmica do *Atlas do Ambiente*, relativa ao período 1901–1972, a região apresenta um valor de intensidade sísmica máxima de VI na Escala Internacional (em Portugal Continental, os valores de intensidade sísmica situam-se entre as classes IV e X), que se caracteriza por provocar estragos ligeiros, com deslocação de móveis pesados e queda de estuque de tectos.

De acordo com o capítulo VII do Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio), o local do projecto está inserido na zona D, isto é, na *zona de baixa sismicidade*.

A Carta Neotécnica de Portugal (SGP 1998), à escala 1:1.000.000 não indica qualquer tipo de falha perto da área em estudo, assim como a Carta Geológica de Portugal, à escala 1:50.000.

2.5 - Regime de Ventos

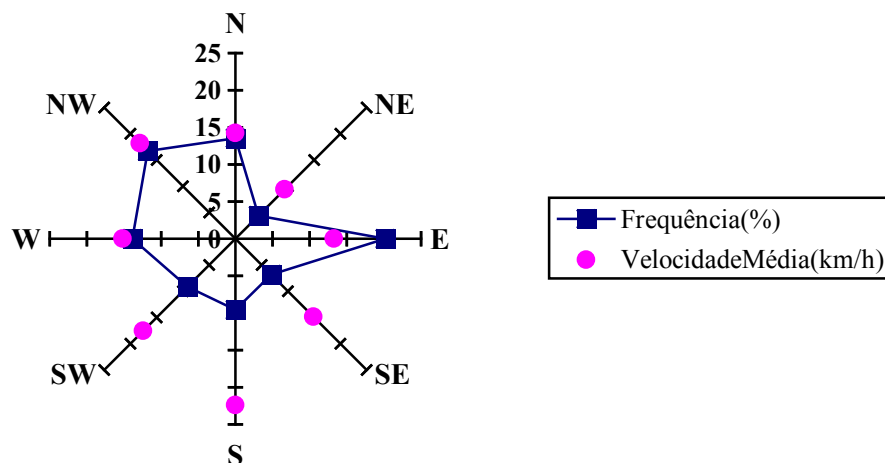
Para proceder à caracterização climática da área de estudo utilizaram-se os dados da estação climatológica mais próxima, a Estação do Porto/Pedras Rubras (período 1951-80), que se considera mais representativa da área de implantação do projecto, pese embora o facto de não se localizar na faixa costeira, mas sim a cerca de 3,5 km do litoral e aproximadamente a 4,5 km a SSE da praia de Angeiras.

Os ventos dominantes, na estação climatológica de Pedras Rubras são do quadrante Este, nos meses de Inverno, e de Oeste e Noroeste nos meses de Verão.

Esta predominância não se repete em termos das velocidades médias, onde os quadrantes dominantes são de Sul (22,4 km/h) e Noroeste (18,2 km/h), o primeiro principalmente nos meses de Inverno e o segundo nos meses de Verão.

Nesta estação registam-se 17,0 dias por ano com ventos com velocidade igual ou superior a 36,0 km/h, e 0,7 dias com velocidade superior ou igual a 55,0 km/h.

Considerando a variação ao longo do ano, verifica-se que durante o Inverno, os ventos de maior intensidade provêm de Sul (25,9 km/h em Fevereiro) e de Sudoeste (23,5 km/h em Dezembro). No entanto, os ventos de maior frequência provêm sobretudo de Este, com 32,1% das ocorrências em Dezembro.



Rosa dos Ventos (resumo anual)

Durante o Verão, os ventos dominantes sopram, fundamentalmente, do 4.º quadrante, com velocidades médias de 20,0 km/h em Julho, proveniente de Noroeste, sendo responsável por 26,8% das ocorrências em Agosto e 24,6% das ocorrências em Julho.

2.6 - Regime de Marés

O regime de marés na Costa de Portugal Continental é caracterizado por um comportamento basicamente semi-diurno regular.

De acordo com as Tabelas de Marés publicadas pelo Instituto Hidrográfico, os níveis das marés na Póvoa de Varzim podem ser calculados a partir dos valores característicos determinados para Viana do Castelo, aplicando as seguintes correcções no tempo e na amplitude:

- Correcções no tempo:
 - PMAV +.2 min
 - PMAM..... + 1 min
 - BMAM..... + 2 min
 - BMAV - 1 min
- Relação de amplitude:
 - AV 1,00
 - AM..... 1,01



CONSULMAR



Dada a grandeza extremamente pequena das correcções a fazer para este porto vizinho, admitiu-se que os valores característicos da maré em Angeiras eram iguais aos de Viana do Castelo

De acordo com as previsões efectuadas pelo Instituto Hidrográfico, com base em análises harmónicas realizadas a partir de um ano de observações maregráficas (1978), com um marégrafo localizado no molhe central (Latitude 41° 40.9' N; Longitude 8° 50.3' W), os valores característicos das marés, ao longo de um ciclo nodal, foram os seguintes:

• PM Max	+3,79 a +4,11 m (ZH)
• PM AV	+3,42 a +3,50 m (ZH)
• PM AM	+2,62 a +2,73 m (ZH)
• NM	+2,00 m (ZH)
• BM AM	+1,29 a +1,40 m (ZH)
• BM AV	+0,48 a +0,57 m (ZH)
• BM Min	+0,08 a +0,27 m (ZH)

em que:

PM Max e BM Min - São as máximas e mínimas alturas de água que se previam que pudessem ocorrer sob condições meteorológicas médias, tendo em conta todas as combinações possíveis das condições astronómicas;

PM AV e BM AV - São os valores médios, tomados ao longo do ano, das alturas de água de duas preia-mares (baixa-mares) sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude da maré é maior;

PM AM e BM AM - São os valores médios, tomados ao longo do ano, das alturas de água de duas preia-mares (baixa-mares) sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude da maré é mínima.

Embora estes valores variem de ano para ano, com um ciclo de aproximadamente 19 anos (ciclo nodal), parece poder-se adoptar sem grandes erros os seguintes valores práticos:

• PM Max	+4,10 m (ZH)
• PM AV	+3,50 m (ZH)
• PM AM	+2,70 m (ZH)
• NM	+2,00 m (ZH)
• BM AM	+1,40 m (ZH)
• BM AV	+0,50 m (ZH)
• BM Mín	+0,10 m (ZH)



As previsões do Instituto Hidrográfico são realizadas considerando condições meteorológicas médias. No entanto, a ocorrência de condições de pressão atmosférica muito elevada ou anormalmente baixa, poderá provocar diferenças significativas em relação aos valores tabelados.

Atendendo a que os níveis máximo e mínimo das marés só ocorrem nos equinócios, a probabilidade de ocorrência simultânea destas marés e de fortes alterações na pressão atmosférica é relativamente baixa, pelo que se consideram como representativos os valores máximos e mínimos indicados.

2.7 - Regime de Correntes

2.7.1 - Considerações gerais

As correntes que se fazem sentir na zona em estudo podem classificar-se em três tipos:

- Correntes de deriva dos ventos e correntes oceânicas;
- Correntes de maré;
- Correntes de deriva litoral.

As primeiras, como o nome indica, têm a sua origem na actuação dos ventos sobre a superfície do mar ou na deslocação de massas de água oceânicas devida a diferenças de temperatura, densidade, normalmente a uma escala mais regional. As velocidades destas correntes junto à costa – zona que aqui interessa – são muito reduzidas, pelo que a sua influência na dinâmica aluvionar do litoral é desprezável.

O mesmo se passa com as correntes de maré (originadas pelo fluxo e refluxo da onda de maré), as quais, em costa aberta como a da zona de Angeiras, atingem velocidades igualmente reduzidas.

Quanto às correntes de deriva litoral, originadas pela agitação marítima e especialmente pela rebentação das ondas, a sua acção é determinante para a movimentação dos sedimentos, ou seja, para a dinâmica aluvionar do litoral.



2.7.2 - Campanhas de medições

Para caracterizar o regime geral de correntes, foram considerados os seguintes elementos:

- Campanha de medições localizadas imediatamente a Sul do Porto da Póvoa de Varzim, realizada entre os dias 12 e 16 de Setembro de 1988, pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, no âmbito dos Estudos Preliminares do emissário submarino de Vila do Conde/Póvoa de Varzim;
- Registos efectuados pelo Instituto Hidrográfico durante um ano consecutivo (Agosto de 1983 a Agosto de 1984), num ponto ao largo do Porto de Leixões;
- Campanha de medições realizada pelo Instituto Hidrográfico, entre os dias 13 de Maio e 4 de Junho de 1992, para o projecto do mesmo emissário submarino.

Infelizmente, nenhum destes elementos se pode considerar como caracterizando perfeitamente o regime de correntes no local.

A primeira campanha, tendo por objectivo o estudo preliminar das correntes no local de implantação do emissário, cobriu um período de apenas 5 dias, com medições à superfície ou a pequena profundidade, recorrendo ao lançamento de flutuadores e sua observação sistemática.

Quanto ao segundo elemento atrás referido, apesar de os registos terem sido efectuados ao longo de um período que já se pode considerar razoável, e de terem sido registadas as correntes junto ao fundo e à superfície, tem a desvantagem da sua localização ser mais afastada do local em estudo (embora a distância entre os dois locais não seja, provavelmente, suficiente para que se verifique uma variação significativa entre as correntes num e noutro local).

A segunda campanha realizada especificamente para o projecto do emissário submarino (pelo Instituto Hidrográfico) foi já mais completa, e envolveu o registo com correntómetros da velocidade e direcção das correntes de superfície em dois pontos ao longo do desenvolvimento previsto para o emissário, junto ao difusor e a uma distância intermédia entre este e a costa, tendo no primeiro destes pontos sido igualmente registadas as características da corrente junto ao fundo.



Nas alíneas seguintes apresenta-se um resumo das principais características do regime de correntes, de acordo com os resultados das campanhas de medições:

a) - Campanha do IHRH

Dado o curto período desta campanha, os seus resultados não podem ser considerados como representativos do regime geral das correntes no local. Apresentam-se aqui, no entanto, as principais conclusões que deles se podem retirar (as medições foram efectuadas a 2 e 7 m de profundidade):

- No período que medeia as 3 horas antes da baixa-mar e as 3 horas que se seguem, as correntes são para sul;
- No período complementar do ciclo da maré este sentido inverte-se, sendo as correntes para norte;
- Na proximidade da baixa-mar as correntes são na direcção de oeste e para sul;
- Existe uma corrente circular, um macro vórtice, junto ao porto da Póvoa de Varzim;
- As velocidades são fracas, com valores máximos da ordem de 20 cm/s raramente atingidos.

b) - Registos do Instituto Hidrográfico em Leixões (1983-84)

Estes registos foram efectuados com correntómetros instalados a 6 e 28 m de profundidade.

As distribuições de direcções são semelhantes para as duas profundidades, assinalando-se a presença de dois picos em ambas, correspondendo a correntes dirigidas genericamente para sul (entre SSW e SSE, a 6 m de profundidade, e entre SSE e SE a 28 m) e para norte (entre N e NNW, a 6 m, e entre N e NW, a 28 m de profundidade). As correntes com direcções resultantes para sul são mais frequentes a ambas as profundidades, embora esta predominância seja mais notável a 6 m.

Quanto às distribuições de velocidades verifica-se, como seria de esperar, a ocorrência de valores mais altos próximo da superfície. O escalão mais frequente a 6 m é o de 10 a 15 cm/s, enquanto a 28 m é o correspondente a velocidades inferiores a 5 cm/s. A 6 m de profundidade cerca de 70% das velocidades registadas são inferiores a 20 cm/s, enquanto a 28 m quase 90% estão nestas condições.

A predominância das correntes dirigidas para sul é mais acentuada no Inverno, particularmente nos meses de Janeiro e Fevereiro, enquanto em Agosto (e também em Novembro) são mais frequentes as correntes com resultante para norte.



As velocidades mais elevadas, tanto a 6 m como a 28 m de profundidade, ocorrem nos meses de Dezembro e Janeiro, enquanto as mais fracas se verificam de Setembro a Novembro.

c) - Campanha do Instituto Hidrográfico (1992)

Esta campanha envolveu a medição de correntes em duas posições: na posição PV-1 foram registadas as correntes junto ao fundo e próximo da superfície; enquanto que na posição PV-2 foram apenas registadas as correntes de superfície.

Uma vez que durante esta campanha se verificaram duas situações distintas, com a ocorrência de vento forte de SW a influenciar as correntes na segunda metade do período das observações, a apresentação dos dados e seu tratamento estatístico foram feitos em duas séries.

Durante o primeiro período das observações a celeridade média da corrente à superfície situa-se aproximadamente entre 5,5 e 6 cm/s nos dois pontos de medição, e é inferior a 4 cm/s junto ao fundo.

Verifica-se uma bi-polarização das direcções à superfície em torno de um eixo sensivelmente paralelo à linha da costa (próximo de NNW-SSE), sem uma predominância clara em qualquer sentido; junto ao fundo verifica-se igualmente a polarização das direcções, mas em torno de um eixo mais rodado a NW-SE, e com uma predominância no sentido NW.

Como foi referido, durante o segundo período verificou-se a ocorrência de vento de SW forte, associado a uma depressão a SW das Ilhas Britânicas.

Este vento influenciou significativamente as correntes, cuja celeridade média à superfície passou para cerca de 23 cm/s, no ponto mais ao largo, e 14 cm/s mais próximo da costa; junto ao fundo, a celeridade média duplicou, passando para 8 cm/s. Assinale-se que foram registados valores máximos da celeridade de 60 a 41 cm/s à superfície e de 36 cm/s junto ao fundo.

As correntes neste período passam a dirigir-se, quase exclusivamente, para NNW, em ambas as posições e profundidades.

2.7.3 – Estudo de modelação matemática

Como referido anteriormente, para a caracterização dos processos sedimentares costeiros e análise comparativa das eventuais alterações provocadas pelas duas soluções alternativas de obra de abrigo, torna-se necessário conhecer o comportamento e distribuição espacial das correntes litorais locais geradas por acção das ondas.



Para o efeito, procedeu-se à simulação matemática dos campos de correntes originados por estados de agitação característicos, de que se apresentam os resultados num relatório pormenorizado em anexo, para as Soluções Alternativas 4 e 5.

2.8 - Agitação Marítima

2.8.1 - Regime ao largo

Para caracterizar o regime de agitação médio ao largo de Angeiras os elementos de base mais adequados são os registos da bóia-ondógrafo direccional instalada ao largo da Figueira da Foz, numa posição a cerca de 90 m de profundidade. Dispôs-se dos resultados dos registos efectuados ao longo de cerca de 2,5 anos (Julho de 1990 a Dezembro de 1993), apresentados no Relatório do Projecto NATO PO-WAVES "Wind Wave Climatology of the Portuguese Coast" de Julho 1994, sob a forma de tabelas com as distribuições conjuntas de alturas e períodos por rumo.

Estes elementos têm alguns inconvenientes, entre os quais se contam questões directamente ligadas aos registos, como o curto período da sua duração, a percentagem e distribuição de falhas e a localização da bóia em relação ao local aqui em estudo, e questões relativas ao modo como os dados são apresentados, nomeadamente a discriminação por sectores direccionais bastante largos (45°).

A insuficiente discriminação da informação por sectores direccionais é o maior inconveniente no que respeita ao estudo do equilíbrio da praia e das movimentações aluvionares, enquanto para a análise da estabilidade da obra de abrigo o inconveniente maior é o curto período coberto pelos registos, que invalida o seu tratamento estatístico para obter os valores extremos das ondas.

Na Fig. 1 apresentam-se as distribuições de rumos, alturas e períodos da agitação resultantes destes registos e aqui adoptados como representativas do regime médio anual ao largo de Angeiras.

Verifica-se que a quase totalidade das ondas é proveniente de rumos entre o W e o N, sendo o rumo mais frequente o NW, com mais de 70% das ocorrências. Esta distribuição corresponde de facto às situações que mais frequentemente se verificam junto à costa Oeste de Portugal, resultantes da ondulação NW gerada no Atlântico Norte e de vaga associada ao regime de ventos local.



No que respeita à distribuição de alturas, verifica-se que o escalão mais frequente é o de 1 a 2 m, com cerca de 40% das observações, seguindo-se o de 2 a 3 m, com uma frequência próxima de 30%. Cerca de 50% das ondas são inferiores a 2 m, sendo a frequência de alturas superiores a 5 m da ordem de 2%.

A distribuição de períodos de pico das ondas mostra que o escalão mais frequente é o de 11 a 13 s, com 33,5% das ocorrências, seguindo-se o de 9 a 11 s, com cerca de 26%. A frequência de períodos superiores a 15 s é da ordem de 8%.

Quanto à variação sazonal do regime de agitação, verifica-se que as direcções rodam ligeiramente a Norte nos meses de Verão, relativamente aos de Inverno. De facto, ocorrem por vezes, sobretudo durante o Inverno, condições de agitação de SW, originadas pelo regime de ventos local. Nos meses de Inverno as alturas de onda são mais elevadas, sendo os escalões mais frequentes os de 1 a 2 m e de 2 a 3 m, enquanto no Verão o escalão mais frequente é o de 1 a 2 m. No Inverno cerca de 10% das ondas são superiores a 4 m, enquanto no Verão a percentagem equivalente é próxima de 2%; no Verão quase 55% das ondas são inferiores a 2 m, enquanto no Inverno apenas 33% se enquadra neste limite. No Verão são mais frequentes os períodos entre 7 e 13 s (87% das ocorrências) e no Inverno entre 9 e 15 s (81% das ocorrências).

2.8.2 - Regime local

Para se obter as condições de agitação junto à praia procedeu-se à transposição para o local do regime definido ao largo.

Esta transposição foi efectuada utilizando um programa de cálculo automático de refacção espectral desenvolvido pela CONSULMAR. O programa calcula os coeficientes de refacção para ondas irregulares através da decomposição, e posterior integração, dos espectros direccionais de energia ao largo e no local em estudo.

A função que relaciona os dois espectros é obtida através do cálculo de um conjunto de leques de refacção inversos, com origem no ponto em estudo, e de um factor que leva em consideração a profundidade no local e as suas implicações no comprimento e celeridade das ondas. Os leques de refacção inversos são calculados, tal como para a refacção das ondas regulares, através da integração da equação do raio de onda.

Foi seleccionado um ponto próximo do local em estudo, na zona frontal à praia de Angeiras, localizado aproximadamente na batimétrica -10 m (ZH) (ver Fig. 2).



Para a transposição do regime ao largo, utilizando o programa de refração espectral anteriormente referido, a batimetria adoptada foi retirada da Carta Hidrográfica n.º 1 à escala 1/150 000 e das pranchetas à escala 1/50 000 do Instituto Hidrográfico. A zona abrangida pelos levantamentos à escala 1/50 000 é muito reduzida pelo que haverá que encarar com ponderação os resultados obtidos.

Nas Figs. 3 e 4 são apresentados os resultados (matriz de transferências) da aplicação deste programa para o ponto referido. Estes resultados são apresentados sob a forma de gráficos da variação do coeficiente de altura de onda (relação entre a altura no local e ao largo) e da relação entre rumos (direcção média espectral) no largo e no local.

Verifica-se que a agitação com rumos ao largo em torno do W (entre o WNW e o WSW) atinge o local quase sem sofrer quaisquer alterações, tanto na altura das ondas (situando-se os respectivos coeficientes próximo de 0,95), como na sua direcção.

À medida que o rumo ao largo roda para norte de WNW ou para sul de WSW os efeitos da refração vão-se fazendo sentir com intensidade crescente, reflectindo-se numa diminuição progressiva das alturas de onda no local e na rotação do rumo de propagação para uma direcção perpendicular à batimetria (ou seja, próximo do W).

Assim, as ondas com rumos ao largo em torno do NW atingem o local com alturas da ordem de 85% do seu valor ao largo e direcções já próximas do WNW, enquanto que as de SW atingem o local com alturas de cerca de 80% do seu valor ao largo e direcções compreendidas entre SW e WSW. As ondas com rumos ao largo próximos do N ou S apresentam-se no local com alturas que são apenas 30% a 50% dos valores ao largo e rumos em torno do NW ou SW, como consequência de uma rotação na sua direcção de propagação de cerca de 45°.

Os resultados obtidos (regime de agitação médio local) são apresentados na Fig. 5, sob a forma de distribuições da agitação por rumos, alturas e períodos.

Verifica-se uma grande concentração dos rumos em torno do WNW, tendo este sector uma frequência superior a 75%. Segue-se o W, com uma frequência de 17,5%; a frequência de agitação com rumos locais para norte ou sul destes rumos é muito reduzida (da ordem de 4% e 2,7%, respectivamente).

Quanto à distribuição de alturas de onda, verifica-se que o escalão mais frequente se mantém o de 1 a 2 m, mas agora com mais de 45% das ocorrências, continuando também o segundo a ser o de 2 a 3 m, com uma frequência de 27%. Cerca de 66% das ondas são inferiores a 2 m, e mais de 90% são inferiores a 3 m.



A distribuição de períodos no local é praticamente idêntica à distribuição ao largo, como era esperado.

2.8.3 - Valores extremos

O conhecimento dos valores extremos que as alturas de onda podem atingir no local em estudo é necessário para o dimensionamento estrutural da obra de abrigo.

Estes valores extremos são normalmente determinados através da análise e extrapolação dos dados disponíveis, aplicando uma ou mais distribuições estatísticas aceites como representativas da distribuição a longo prazo da altura das ondas.

No caso presente, no entanto, a profundidade relativamente pequena a que serão implantadas as obras deverá constituir uma limitação à altura das ondas que podem atingir o local, condicionando assim as ondas de projecto a adoptar.

Procurou-se, de qualquer modo, determinar os valores extremos das alturas de onda por extrapolação dos elementos disponíveis, para posterior verificação se os fundos no local das obras constituem realmente um limite às ondas que as podem atingir.

Uma vez que os dados utilizados para caracterizar o regime médio da agitação não são apropriados para efectuar esta extrapolação, pois correspondem a uma série temporal muito curta, recorreu-se aos seguintes elementos:

- “Hindcast” de dezasseis tempestades ocorridas ao largo da costa ocidental portuguesa no período 1955-1981, realizado pela “Det Norske Veritas”, tendo-se utilizado os resultados para um ponto entre Figueira da Foz e o Cabo da Roca;
- Extrapolações efectuadas por Pires, H. N. e Pessanha, L. E., do Instituto de Meteorologia, com base nos registos do ondógrafo do Cabo da Roca e da sua comparação com os registos obtidos pelos ondógrafos de Sines.

Os resultados obtidos são apresentados no quadro seguinte, onde se indicam as alturas de onda significativa correspondentes a diversos períodos de retorno.



PERÍODO DE RETORNO (anos)	Hs (m)		
	D.N.V.	PIRES E PESSANHA	MÉDIA
5	11,2	9,5	10,4
10	12,1	10,4	11,3
50	14,1	12,4	13,3
100	15,0	13,1	14,1

As discrepâncias entre os resultados obtidos devem-se não só a diferenças nos dados de base (referentes ao tipo de informação, ao período coberto e aos locais a que respeitam), mas também ao diferente tratamento estatístico a que foram sujeitos.

Para efeitos do presente trabalho, considera-se que os valores apresentados na última coluna do quadro anterior, que correspondem à média dos resultados obtidos pelos dois métodos referidos, são razoavelmente representativos das condições ao largo de Angeiras.

Para calcular as alturas significativas máximas admitidas pelos fundos seguiu-se o método proposto por W. N. Seelig em “Estimating Nearshore Significant Wave Height for Irregular Waves” (Coastal Engineering Technical Aid No. 79-5, CERC, 1979).

Para períodos de onda de 12, 14, 17 e 19 s, e para uma gama de profundidades próxima daquela em que se admite poder vir a ser fundada a obra de abrigo, obtiveram-se os valores de alturas significativas máximas possíveis indicados no quadro seguinte. Os cálculos foram efectuados para a situação de maré mais desfavorável, correspondente à preia-mar de águas vivas média, à qual se associou uma sobrelevação meteorológica de 0,4 m, tendo-se ainda em conta a declividade e irregularidade dos fundos imediatamente a barlar.

COTA DO FUNDO (m.ZH)	Hs máx (m)
+1,0	2,6 / 3,0 / 3,6 / 3,7
0,0	3,2 / 3,6 / 4,2 / 4,4
-1,0	3,7 / 4,4 / 5,0 / 5,1
-1,5	4,2 / 4,7 / 5,3 / 5,5
-2,0	4,6 / 5,3 / 5,7 / 5,8
-3,0	5,5 / 6,2 / 6,3 / 6,6
-4,0	6,4 / 6,8 / 7,0 / 7,2



Como se pode verificar, os fundos proporcionam efectivamente um limite à altura das ondas que pode atingir o local, já que as alturas ao largo anteriormente apresentadas para os vários períodos de retorno, mesmo depois da aplicação dos coeficientes de altura de onda apropriados (para rumos entre W e NW), são consideravelmente superiores aos limites agora calculados.

2.8.4 - Estudo de modelação matemática

No intuito de melhor se conhecer a propagação local da agitação, assim como a distribuição espacial das alturas de onda, procedeu-se à simulação matemática de estados de agitação característicos, de que se apresentam os resultados num relatório pormenorizado em anexo.

Estes resultados permitem, estabelecendo as condições de incidência e empolamento da agitação na costa, com e sem obra de abrigo, estimar o grau de abrigo proporcionado pelo Molhe e a melhoria das condições de segurança na entrada da barra.



3 - DESCRIÇÃO GERAL DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS

3.1 - Antecedentes e Arranjo Geral

De acordo com os Termos de Referência do Concurso que precedeu a adjudicação do presente trabalho, era obrigação do Adjudicatário tomar por base as duas soluções estudadas para um molhe de abrigo pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos da FEUP (IHRH) e desenvolver eventuais soluções variantes.

Para além destas soluções, constava ainda dos Termos de Referência uma outra solução alternativa, proposta pela Câmara Municipal de Matosinhos (CMM) em Fevereiro de 1999, com um comprimento inferior às soluções anteriores.

Um melhor conhecimento das condições naturais locais e das necessidades operacionais e de segurança, que foi adquirido na fase de análise e diagnóstico da actividade da pesca em Angeiras, levou à concepção de uma quarta solução.

Por fim, uma quinta solução alternativa foi proposta na DIA para a presente obra. Esta alternativa, designada de Alternativa 5 é equivalente à Alternativa 4, com mais 20 m de extensão.

Estas cinco soluções, podem-se reunir em dois grupos:

- As Alternativas 1 e 2, com comprimentos de 180 e 350 m, tendo por objectivo melhorar as condições de abrigo apenas na varagem das embarcações (a Alternativa 1 baseava-se na solução proposta pela CMM e a Alternativa 2 numa das soluções preconizadas pelo IHRH);
- As Alternativas 3, 4 e 5, com comprimentos de 462, 448 e 468m, tendo por objectivo, para além da protecção na varagem, propiciar melhores condições de abrigo em relação à agitação durante a navegação de aproximação e partida para a pesca (a Alternativa 3 baseava-se na segunda solução proposta pelo IHRH e a Alternativa 4, partindo desta, optimizava a sua implantação e constituição, a Alternativa 5 sugerida na DIA).



Com vista à melhoria das condições operacionais e de segurança da actividade da pesca, foram ainda consideradas como necessidades portuárias a satisfazer:

- A construção de uma rampa-varadouro, servindo directamente um pequeno parque de varagem, potencialmente vocacionado para servir uma parte da frota, dispondo de um guincho de alagem das embarcações;
- A dragagem de estabelecimento do pequeno canal de acesso à zona de varagem, incluindo a regularização de picos rochosos;
- A instalação de diversos equipamentos de apoio às actividades em terra (fabrico e ensilagem de gelo e conservação do peixe).

Na continuação dos estudos, de que se apresenta agora o resultado dos Trabalhos Complementares do Estudo Prévio, apenas se apresentam as Soluções Alternativas 4 e 5.

Com efeito, os resultados do Estudo de Modelação Matemática da Agitação mostraram que a solução 1 não proporcionava quaisquer melhorias nas condições de abrigo (não sendo possível, por exemplo, incluir a rampa-varadouro, nesta Alternativa 1).

Por outro lado, a Alternativa 2, ligeiramente mais extensa que a Alternativa 1, também não se mostra viável, pois não produz qualquer acréscimo de segurança para os pescadores, sobretudo junto de um dos locais mais complexos – a zona de rebentação de passagem obrigatória na entrada e na saída, situada junto dos leixões do norte e sul.

De facto, junto destes afloramentos, onde os fundos apresentam grande irregularidade [nesta zona os fundos oscilam, numa pequena área, cerca de 5 m, entre -3,00 m (ZH) e +2,00 m (ZH)] e à qual se associa ainda a zona de rebentação, geram-se correntes e golpes de mar imprevisíveis. Esta situação seria ainda agravada com a implantação da Alternativa 2, ao concentrar as correntes litorais originadas pela rebentação para junto dos leixões. Refira-se que para os pescadores locais a travessia dos leixões é o ponto mais crítico na navegação de aproximação e partida para a pesca.

No presente trabalho e no que diz respeito ao **Molhe de Abrigo**, manteve-se a implantação da directriz da Alternativa 4 (apenas com um pequeno ajuste no seu comprimento total) e alterou-se o tipo de material da camada de protecção da cabeça do molhe, dado que esta passou a implantar-se a maiores profundidades, estando por isso sujeita a maiores ondas.

Quanto às **Obras Interiores**, iguais para as duas soluções alternativas, manteve-se a implantação da rampa e parque de varagem e a proposta de implantação para o canal de acesso.



Nos capítulos seguintes descrevem-se as obras propostas, mantendo-se a numeração de alternativas utilizada nos estudos anteriores, para uma melhor comparação da evolução por estas sofrida.

3.2 - Soluções Alternativas para o Molhe de Abrigo

No Des. 2 é apresentada a planta e os perfis-tipo do “Molhe de Abrigo 4” (Alternativa 4). O molhe apresenta três troços distintos e uma extensão total de 448 m:

- O primeiro troço é idêntico aos das outras soluções, embora ligeiramente rodado para sul [cerca de 5°, mantendo-se o enraizamento sobre a praia à cota +6,00 m (ZH)];
- O segundo troço é curvo, ao longo do qual o molhe roda cerca de 30° para sul;
- O terceiro troço é recto, prolongando-se até que a cabeça fique fundada sobre um pequeno baixio situado próximo do “Leixão do sul”, sensivelmente para ESE deste e com cotas variando entre -3,00 m (ZH) e -1,00 m (ZH).

No Des. 3 é apresentada a planta e os perfis-tipo do “Molhe de Abrigo 5” (Alternativa 5). Esta solução corresponde à solução Alternativa 4 com uma extensão de mais 20 m. O molhe apresenta três troços distintos e uma extensão total de 468 m:

- O primeiro troço é idêntico aos das outras soluções, embora ligeiramente rodado para sul [cerca de 5°, mantendo-se o enraizamento sobre a praia à cota +6,00 m (ZH)];
- O segundo troço é curvo, ao longo do qual o molhe roda cerca de 30° para sul;
- O terceiro troço é recto, ficando a cabeça fundada a maiores profundidades, aproximadamente à cota -4 m (ZH).

Importa referir que a informação batimétrica disponível na zona de implantação do quebra-mar é escassa, não havendo informação disponível na localização da cabeça da Alternativa 5. Nesta fase de Estudo Prévio e de acordo com a informação existente, estimou-se uma cota de fundo para esta zona de -4 m (ZH). Assim, é necessário que em fase de Projecto de Execução se confirme esta estimativa através da aquisição de informação batimétrica complementar.

A estrutura do Molhe de abrigo nas diferentes soluções alternativas é idêntica, é do tipo quebra-mar de taludes clássico, sendo constituída por um núcleo de forma trapezoidal em



enrocamento de todo o tamanho ToT, revestido por mantos de enrocamento seleccionado no tronco e cabeça da Solução Alternativa 4 e blocos de betão do tipo Antifer na cabeça na cabeça da Solução Alternativa 5, sendo a superestrutura, em ambas alternativas, de betão simples (Perfis-tipo dos Des. 2 e 3).

O núcleo de enrocamento ToT tem o coroamento à cota +4,00 m (ZH) e uma largura de 6,5 e 10,0 m ao longo do corpo e na cabeça, respectivamente. Os seus taludes têm a inclinação correspondente aos mantos de protecção respectivos: 2(H):1(V) e 3(H):2(V), no lado norte, e 3(H):2(V) e 4(H):3(V), no lado sul, variando consoante a solução alternativa. Na cabeça, o talude exterior será a 2(H):1(V).

Nos mantos, as gamas de enrocamentos seleccionados vão crescendo à medida que se avança no molhe (exceptuando o troço final). Neste troço, antes da cabeça, a gama de enrocamentos diminui pois, devido ao efeito de pré-rebentação das ondas proporcionado pelos afloramentos situados entre os “Leixões do norte e do sul” [barreira de fundos entre ZH e -1,00 m (ZH)], as condições de solicitação a que será submetido serão menores.

A Alternativa 5, com mais 20 m de comprimento do que a Alternativa 4, apresenta a cabeça fundada a cotas próximas de -4 m(ZH), estando por sua vez sujeita a uma onda de projecto significativamente mais elevada, resultando num peso dos elementos do manto de protecção bastante maior do que o proposto para a Alternativa 4. Deste modo, blocos Antifer em dupla camada são propostos para este perfil, com um submanto de enrocamento.

A cota de coroamento do talude exterior dos mantos vai subindo à medida que se avança no sentido da cabeça, variando entre +5,70 m (ZH) no enraizamento e +6,55 m (ZH) na cabeça.

Sobre o núcleo e ao longo de todo o comprimento do molhe, está prevista uma superestrutura em betão simples com coroamento variando entre +5,50 m (ZH) e +6,00 m (ZH) e 3,5 m de largura. Na cabeça, a superestrutura alarga e sobe, passando para 7,00 m e +6,50 m (ZH), respectivamente, prevendo-se nela a instalação de um Farolim.

3.3 - Obras Interiores

As Obras Interiores são comuns às duas soluções. Assim, será construída uma **Rampa-Varadouro** para apoio à varagem das embarcações, em complemento da tradicional varagem na praia, que se irá manter para um número significativo de embarcações.

A rampa-varadouro será executada adjacente ao molhe a construir, assentando em grande parte do seu comprimento nos afloramentos rochosos aí existentes. Esta rampa, com uma



largura de 15 m e inclinação de 12,5%, desenvolver-se-á entre a cota de serviço, a -0,50 m (ZH), e a cota do parque de varagem, a +5,50 m (ZH).

O pavimento da rampa será em betão e terá uma espessura de 0,40 m, sendo constituído por lajetas prefabricadas levemente armadas na parte submersa (até um pouco acima do nível médio do mar) e por lajes betonadas “in situ” na parte emersa. Na faixa sujeita à maré [sensivelmente entre o ZH e a cota +4,5 m (ZH)] o pavimento da rampa será tratado com sulcos antiderrapantes. Lateralmente o pavimento da rampa será confinado por blocos também em betão, prefabricados na parte submersa da rampa e betonados “in situ” na parte superior.

A rampa irá servir um **Parque de Varagem** de embarcações, com capacidade para cerca de 12 embarcações do tipo das que actualmente constituem a frota residente, encostado ao enraizamento do molhe e com cota a +5,50 m (ZH).

O pavimento deste parque será constituído por lajes de betão betonadas “in situ”. A fim de evitar o efeito de esporádicos galgamentos, este parque será protegido por um murete de protecção, que se poderá elevar a uma altura da ordem de 1m acima do coroamento do molhe. Encostado a este murete situar-se-á casa do guincho onde se instalará o dispositivo mecânico de alagem.

Para acesso à zona de varagem, quer esta se faça directamente sobre a praia ou pela rampa-varadouro, será estabelecido o respectivo **Canal de Acesso**. Para o efeito, serão realizadas dragagens de areia e desmonte e regularização de afloramentos rochosos no actual caneiro de acesso das embarcações à praia (acesso principal), a -1,00 m (ZH), e no acesso à rampa-varadouro (acesso secundário), a -0,50 m (ZH).

De acordo com o levantamento topo-hidrográfico disponível, o caneiro existente entre os afloramentos rochosos terá uma largura média próxima de 50,0 m, estrangulada pontualmente por aqueles, ao longo das suas margens. O novo canal terá essa largura e um enfiamento excêntrico (para norte) mas paralelo ao denominado “enfiamento do varadouro”, definido no $Z_v = 42,5^\circ$ pelos farolins Angeiras anterior I e posterior I.

Para as **Instalações de Apoio** às operações em terra, prevêem-se máquinas de fabrico e ensilagem de gelo e ainda câmaras frigoríficas.



4 - COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

4.1 - Funcionamento Estrutural e Hidráulico do Molhe de Abrigo

A onda de projecto considerada no dimensionamento de molhes de protecção de infra-estruturas portuárias está, em geral, associada a períodos de retorno no intervalo entre 50 e 100 anos (não obstante, consoante a importância da obra, estes limites poderão ser alargados). Para a sua obtenção é necessário extrapolar-se os dados de agitação local existentes para os períodos de retorno considerados.

No entanto, tendo em conta a reduzida profundidade e declividade dos fundos que marginam a área de implantação do molhe, assim como a presença de diversos baixios e leixões a barlar, as ondas maiores rebentarão antes de atingirem a obra de protecção, por limitação dos fundos.

Nestas condições, o molhe terá uma estrutura dimensionada com base na altura de onda significativa máxima que aí poderá ocorrer, normalmente associada a pequenos períodos de retorno, ou seja, a uma maior frequência de ocorrência.

No Anexo I é apresentado o pré-dimensionamento do Molhe, para as duas soluções estudadas.

Importa salientar que, devido à escassez da informação batimétrica existente, a solução Alternativa 5 foi dimensionada com base numa estimativa da cota de fundo na zona da cabeça. Assim, será necessário que esta cota seja confirmada em fase de Projecto de Execução por forma a recalculer a altura de projecto bem como o peso dos mantos de protecção.

A situação ligeiramente recuada em relação aos afloramentos rochosos, sobretudo os “Leixões do Norte e do Sul”, adoptada na implantação das soluções 4 e 5 conferem-lhes algumas vantagens em termos da durabilidade da sua estrutura, sem perda de operacionalidade e abrigo (antes pelo contrário) no seu interior. Com efeito e como referido, a barreira formada por aqueles baixios e leixões origina a pré-rebentação das maiores ondas, pelo que o molhe será atingido por uma parcela da energia destas, tanto menor quanto maior o afastamento em relação aos afloramentos.

Atendendo a que a obra de abrigo não disporá de obras interiores aderentes, e no sentido de reduzir o custo associado, concebeu-se a sua estrutura de modo a poder ser galgada. Neste sentido, ambas as Soluções Alternativas 4 e 5 apresentam um baixo nível de coroamento, e o manto no tardo reforçado. Deste modo, parte da energia das maiores



ondas incidentes dará origem ao galgamento do molhe, pelo que não contribuirá para a instabilização do manto resistente exterior.

A superestrutura (e bermas) do molhe destina-se unicamente ao serviço de pessoal técnico especializado, para acesso ao Farolim e operações de manutenção. Dada a baixa cota do seu coroamento, o molhe será galgado ao longo da sua vida útil praticamente todos os anos, com uma certa frequência, maior no Inverno mas igualmente existente no Verão, pelo que o seu acesso deverá ser vedado ao público em geral (pescadores, veraneantes, etc.), ou pelo menos condicionado (através da fixação de painel com aviso).

Note-se que os galgamentos ocorrerão para os estados de agitação mais ou menos persistentes e intensos, mas também por ondas individuais (ou grupos de ondas) dos estados menos intensos, sendo esta a situação mais perigosa, por serem menos previsíveis. Naturalmente, tanto maior será o risco quanto maior for o comprimento do molhe.

A comparação em planta das duas soluções é apresentada no Des. 4.

4.2 - Estimativa de Custo

No Anexo II apresenta-se a avaliação parcelar dos custos das intervenções propostas, assim como os mapas de quantidades correspondentes a cada uma das soluções alternativas.

As estimativas de custos basearam-se nos preços unitários de materiais (molhe e dragagens) e tipos de obra (rampa e parque de varagem), decorrentes de Empreitadas e Estudos similares, realizados para locais relativamente próximos ou equivalentes, tendo sido actualizados, neste Estudo Prévio, a preços correntes de Dezembro de 2009.

No quadro seguinte mostra-se um resumo dos valores estimados, em Euros, para cada uma das soluções estudadas.

SOLUÇÕES	Trabalhos Preparatórios e Acessórios	Molhe de Abrigo	Obras Interiores e Inst. Apoio	Imprevistos e Arredondamentos	TOTAL
Alternativa 4	225 800 €	2 500 113 €	774 120 €	350 003 €	3 850 036 €
Alternativa 5	225 800 €	2 970 223 €	774 120 €	397 014 €	4 367 157 €



A Alternativa 5 é a que apresenta um custo de realização mais elevado, correspondendo o prolongamento do molhe em mais 20 m (cerca de 5%) a um acréscimo de custo de cerca de meio milhão de euros (13%).

A desproporção relativa entre o prolongamento do molhe e o respectivo custo, deve-se ao facto de a cabeça passar a estar fundada a cotas que se estimam ser da ordem dos -4 m (ZH), e por conseguinte, estar sujeita a ondas maiores, obrigando ao recurso de blocos artificiais de betão, cujo custo de fabrico e colocação é muito superior ao do enrocamento.

4.3 - Condições de Tranquilidade e Acessibilidade na zona abrigada

Em concordância com o que seria de esperar em função do aumento do comprimento do quebra mar, a Alternativa 5 apresenta um ligeiro benefício em termos de condições de abrigo, especialmente nos rumos rodados a Norte de W (W10N e WNW, que são por larga maioria os mais frequentes). Os coeficientes de agitação na zona abrigada mantêm-se aproximadamente entre os 20 e os 30% com uma ligeira melhoria na eficácia em termos de protecção conferida à navegação de aproximação e partida para a pesca e na zona de varagem, em relação à Alternativa 4.

As condições de abrigo são mais deficientes para rumos rodados a sul de W, apresentando ambas as soluções uma baixa eficiência no que respeita à protecção oferecida. Ainda assim, verifica-se uma redução dos índices na zona de valores da ordem dos 40-50%.

4.4 - Efeitos sobre a Dinâmica Costeira

A análise das tendências de transporte efectuada como comparação para a solução Alternativa 5 levaria a esperar a ocorrência de uma redução do trânsito sedimentar para Sul, não sendo no entanto possível quantificar a importância efectiva desta redução.

Não são deste modo previsíveis impactes significativamente diferentes nos processos de transporte entre as soluções 4 e 5, sendo aqui apresentadas as mesmas conclusões previamente apresentadas no Estudo Prévio Reformulado e que também se aplicam à análise da Solução Alternativa 5.

Os impactes na morfologia e dinâmica costeiras são usualmente difíceis de estimar em virtude das inúmeras variáveis envolvidas e sua complexidade. Existe, no entanto, algum conhecimento geral dos fenómenos de deposição/erosão de areias ocorrentes ao longo da costa ocidental portuguesa, assim como particularmente da zona de Angeiras, que permitem definir as principais premissas relacionadas com esses fenómenos.



Em termos gerais, considerando-se a totalidade da costa envolvente de Angeiras e tendo em conta a sua dinâmica litoral e os resultados do estudo de modelação matemática (em anexo), estima-se que o reduzido trânsito aluvionar que actualmente aí se processa (na ordem das dezenas de milhar de metros cúbicos, no sentido norte-sul), se manterá na sua quase totalidade, após a construção do molhe de abrigo (seja qual for a alternativa), não se produzindo alterações sensíveis na configuração das praias e, portanto, na linha de costa.

Naturalmente, estas conclusões devem ser entendidas em termos dinâmicos. Assim, os perfis de praia continuarão a exibir as mesmas variações sazonais que actualmente exibem.

Em termos locais, de acordo com o levantamento topo-hidrográfico disponível, constata-se que entre os dois lajedos rochosos que marginam o caneiro de acesso (utilizado para a varagem na praia) e o grupo de afloramentos delimitados pelos “Leixões do norte e do sul”, se desenvolve uma área de fundos também rochosos, com baixios de maior tença, formando uma espécie de “canal” com cerca de 100 m de largura. Este, a par com os ditos lajedos, é o local preferencial para a passagem de algum transporte sedimentar local, facto igualmente confirmado pelos campos de correntes obtidos em modelo matemático.

Assim, uma vez que as duas soluções alternativas obturam completamente este “canal”, a sua influência sobre as correntes e parcela do transporte associado será idêntica.

Pelas mesmas razões, esta conclusão pode também generalizar-se a tudo o que se passa para norte do molhe, prevendo-se um ligeiro avanço da faixa de praia imediatamente adjacente ao enraizamento do Molhe, decorrente do efeito de retenção que este exercerá sobre o caudal sólido, face à agitação dominante. Dada a fisiografia local e a dinâmica exibida pelos agentes fisiográficos (como é exemplo o rápido enchimento do esporão construído frente ao núcleo urbano de Angeiras), estima-se que a capacidade de retenção do molhe se esgote rapidamente, restabelecendo-se a dinâmica sedimentar anteriormente existente, sobre um novo perfil de equilíbrio.

A sotamar do molhe, e até ao promontório da praia da Agudela, a 2 Km, é expectável a manutenção, em geral, da actual linha de costa, com um eventual ligeiro recuo localizado, no trecho de praia situado imediatamente a sul da zona de sombra do molhe.

A improvável ocorrência de um recuo geral da linha de costa a sotamar do Molhe, deve-se ao facto de existir já um perfil de equilíbrio resultante da presença do “molhe” natural submerso, configurado pelo afloramento rochoso marinho que se estende desde a praia até cerca de 400 m para barlar, determinando alterações ao fluxo do caudal sólido litoral vindo de Norte, como se depreende da análise dos campos de correntes do estudo em modelo matemático.



No interior da zona abrigada pelo molhe poderá eventualmente ocorrer alguma sedimentação, devido a transporte radial provocado pela difracção da agitação incidente sobre a sua cabeça.

4.5 - Considerações finais

Comparativamente, a Alternativa 5 mostra-se ligeiramente mais eficaz na protecção conferida à navegação de aproximação e partida para a pesca e na zona de varagem. No que diz respeito aos impactes na dinâmica litoral, as alterações serão pouco significativas em relação aos já previstos para a Alternativa 4.

Relativamente à estimativa de custos, conclui-se que a um aumento do comprimento da estrutura de aproximadamente 5% resulta num aumento de custos significativamente superior, da ordem dos 13%. Este aumento deve-se não só aos 20 m adicionais mas também à localização da nova cabeça do quebra-mar a cotas de fundo superiores, e consequentemente, sujeita a alturas de onda de projecto mais elevadas, que resultam em soluções de manto de protecção mais onerosa.

Relativamente ao possível impacto gerado por ondas de 17 e 19 s, calculadas as respectivas alturas de onda, como seria de prever constata-se que:

- Devido ao facto da altura da onda ser limitada pela profundidade, a altura da onda estimada é da mesma ordem de grandeza da estimada para períodos de 12 e 14 s, tomando em média o valor de 5,7 m (valor que se adoptou como onda de projecto para o perfil da cabeça);
- Além disso a frequência de ocorrência de estados de agitação com períodos superiores a 17 s é muito baixa, sendo inferior a 2%;
- Acresce ainda que, a estrutura do molhe de abrigo é não só uma estrutura que não dispõe de cais no seu intradorso, ou seja, não terá no seu intradorso pessoas ou bens a preservar, como é uma estrutura flexível.

Face ao anteriormente exposto, consideramos que os impactos da actuação de ondas de período de 17 e 19 s serão muito pouco significativos, não se considerando necessário aumentar o valor da onda de projecto.



ADENDA

1 - Quantificação das condições de melhoria da navegabilidade da Alternativa 5

Pressupostos de referência

Para analisar os aspectos relacionados com a quantificação das condições de melhoria da navegabilidade da Alternativa 5, têm-se como referência os três seguintes pressupostos indissociáveis do projecto e assumidos como válidos por todas as partes envolvidas (autoridade de AIA, entidade licenciadora, dono de obra, projectista e comunidade piscatória de Angeiras) nos numerosos estudos realizados e no procedimento de AIA:

1 – Com a nova Obra Marítima de Abrigo na zona piscatória de Angeiras foi estimado que os pescadores locais passem a poder sair para o mar, em cerca de 70% do tempo, isto é, cerca de 256 dias/ano, reduzindo para metade os dias de inoperacionalidade que actualmente afecta a frota de pesca local.

2 - A pesca na Praia de Angeiras é realizada por embarcações com 6 a 8 metros de comprimento, com motores fora de bordo, que são estacionadas a seco na praia. Trata-se, por conseguinte, de embarcações com fortes limitações de navegabilidade e deficientes condições de segurança para os pescadores que as utilizam e que têm obrigatoriamente que atravessar a zona de rebentação, quer na aproximação quer na partida para o mar.

3 - A Obra Marítima de Abrigo na zona piscatória de Angeiras não se destina a criar uma zona abrigada para estacionamento de embarcações em flutuação, ainda que por reduzidos períodos de tempo quando a agitação fosse menor. Aliás, esta possibilidade está completamente posta de lado, sendo uma condição para o licenciamento do projecto imposta pela Declaração de Impacte Ambiental (DIA) nos seguintes termos: *“De forma a garantir que os fundos marinhos na zona protegida pelo molhe (na sua zona de “sombra”) não serão destruídos por poitas e âncoras, deverá ser proibido nessa zona o estacionamento a nado de quaisquer tipos de embarcações.”*

Avaliação comparada das condições de abrigo e navegabilidade entre as Alternativas 4 e 5

A Obra Marítima de Abrigo preconizada para a zona piscatória de Angeiras tem como propósito proporcionar melhores condições de abrigo em relação à agitação **durante a navegação de aproximação e partida para a pesca.**

A Obra Marítima de Abrigo na Praia de Angeiras, uma reivindicação de longa data dos pescadores locais destinada a garantir a sua segurança, permitirá mitigar os perigos



associados à partida e chegada das embarcações, **reduzindo o risco de acidentes, em especial, na zona de rebentação.**

Com a Obra Marítima de Abrigo na Praia de Angeiras estima-se conseguir reduzir para metade os dias de inoperacionalidade da frota de pesca local, através da criação de condições mais favoráveis de abrigo **da agitação marítima proveniente dos rumos dominantes** (os rumos entre N e W, **cuja frequência é de cerca de 97% do tempo**) que se verificam na costa de Angeiras.

Em esclarecimentos prestados anteriormente, durante o período de apreciação do EIA, em relação à quantificação solicitada dos benefícios conseguidos com a nova obra de abrigo (Alternativa 4) e face aos elementos elaborados que caracterizam o regime de agitação local, foi assinalado que a incidência da obra de abrigo na melhoria das condições operacionais e de segurança da navegação de aproximação e partida para a pesca, far-se-á sentir de forma mais marcante para a ocorrência de níveis de agitação caracterizados por alturas de onda entre 0,5 e 2,5 m (abaixo de 0,5 m não existem limitações operacionais e acima de 2,5 m não é praticável a entrada ou saída para o mar), a que corresponde uma frequência sensivelmente de 70% do tempo.

Foi ainda referido que a operacionalidade no passe da barra, em condições mínimas de segurança, estará limitada, nas condições actuais, à incidência directa de ondas até 1,0 m de altura (ondas que sofrem já forte rebentação no passe da barra, em particular, abaixo da meia maré), a que corresponderá aproximadamente 30 a 40% do tempo. Com a nova obra de abrigo, verificou-se que na zona crítica da entrada/saída, que é o actual passe da barra, o índice de agitação, avaliado através dos estudos de modelação matemática, é da ordem de 50% da agitação exterior, o que garante condições de operacionalidade e segurança no passe da barra para agitação local com ondas de altura até 2,0 m. Segundo a caracterização feita do regime de agitação local, a uma altura de onda de 2,0 m corresponde uma frequência acumulada da ordem de 70% do tempo.

Como estimativa teórica, pode assim considerar-se, como valor puramente indicativo, uma redução para cerca de metade dos dias de inoperacionalidade da frota, conseguida com a construção da nova obra de abrigo.

Acresce ainda que a obra de abrigo confere total protecção ao troço do canal de acesso situado entre os afloramentos rochosos que limitam a praia, a Norte e o Leixão Norte, zona com fundos muito irregulares onde se geram correntes e golpes de mar imprevisíveis, que colocam os pescadores em situação de elevado risco e que constitui o segundo ponto crítico da operacionalidade e segurança na entrada e saída para o mar, o que confere um ainda maior grau de eficácia à nova obra de abrigo. Esta característica da obra de abrigo é, no entanto, comum às Alternativas 4 e 5, já que ambas se prolongam para lá da zona de rebentação.



Outro aspecto a atender na análise das alternativas é o facto da cabeça do quebra-mar se posicionar no limite Norte do canal de acesso (passe da barra) entre a praia e a zona para lá da rebentação, um eixo limpo de escolhos e afloramentos rochosos (leixões) por onde passam as embarcações, sendo bem conhecido dos pescadores locais.

Este estreito canal é delimitado por diversos leixões que representam um perigo para a navegação pelo que **qualquer redução da largura do canal iria incrementar o risco de acidentes na transposição deste troço**. A análise feita à Alternativa 5 mostrou que o acréscimo de comprimento do molhe de 20 m, relativamente à Alternativa 4, não contribui significativamente, para a redução da largura do canal, uma vez que este prolongamento se faz quase paralelamente à orientação do eixo do canal.

No que respeita às condições de abrigo, e para os rumos rodados a Norte (WNW e W10N), verifica-se que a única diferença entre as Alternativas 4 e 5 se relaciona, como seria de esperar, com **um aumento da extensão da área abrigada, que se expande agora ligeiramente mais para Sul** e uma ligeira melhoria nas condições de agitação no interior da área abrigada, em que os índices de agitação se mantêm aproximadamente entre os 20 e os 30%, conforme ilustram as Figuras 10 a 13 dos “Estudos Adicionais de Modelação Matemática”, de Janeiro de 2010. Esta melhoria é mais sensível à entrada do canal de acesso, na zona do passe da barra, podendo constatar-se que, no eixo do canal, tal melhoria corresponde, aproximadamente, à passagem parcial de um coeficiente de agitação representado na escala cromática utilizada nas saídas gráficas dos resultados do modelo, do escalão de 50 a 75% para o escalão de 40 a 50%.

A corroborar esta constatação, citam-se as conclusões expressas no relatório da Hidromod sobre o estudo das condições de propagação da agitação:

“.....A variante à alternativa de projecto 4 do estudo anterior, em concordância com o que seria de esperar em função do aumento do comprimento do quebra-mar, mostra um ligeiro benefício em termos de abrigo especialmente nos rumos rodados a Norte. No caso do rumo rodado a Sul, também tal como seria de esperar, esse benefício não é evidente (cf.Figura 10 a Figura 15).”

Para os rumos rodados a Sul (W10S), e independentemente da Alternativa de projecto, dada a orientação do quebra-mar, a eficiência deste é mais baixa. Para estes rumos a diferença entre as Alternativas 4 e 5 é muito ténue. Ainda assim, verifica-se que para as ondas rodadas a Sul, o quebra-mar consegue uma redução dos índices em grande parte da bacia interior para valores da ordem dos 40-50%, conforme ilustram as Figuras 14 e 15 dos “Estudos Adicionais de Modelação Matemática”, de Janeiro de 2010. Atente-se ainda que os rumos rodados a Sul apresentam uma frequência de apenas de 3%.

Na mesma linha do esclarecimento prestado em 2004, com valor puramente indicativo, pode avançar-se que, face aos elementos elaborados que caracterizam o regime de agitação local, a incidência do prolongamento em 20 m da obra de abrigo, previsto na Alternativa 5,

**CONSULMAR**

na melhoria das condições operacionais e de segurança da navegação de aproximação e partida para a pesca, pode ser traduzida numa maior altura de onda local como limite para a operacionalidade (saídas para o mar).

Considerando os resultados já atrás assinalados quanto à melhoria dos índices de agitação no passe da barra que se verifica na Alternativa 5 em relação à Alternativa 4, pode concluir-se que essa melhoria (da ordem de 10% nos índices de agitação) se traduzirá num acréscimo também de 10% na altura de onda limite, ou seja, a operacionalidade passará a ficar assegurada para ondas com altura até 2,20m. Com base no gráfico já atrás citado que representa a distribuição das alturas de onda no local, é possível apurar que, a uma altura de onda de 2,20 m corresponde uma frequência acumulada da ordem de 75% do tempo, o que corresponde a um acréscimo de cerca de 5% de dias de operacionalidade na Alternativa 5 em relação aos resultados que seriam conseguidos com a Alternativa 4.



2 – Repercussões da utilização de antiferes de alta densidade na cabeça do molhe da Alternativa 5

Para avaliar as repercussões da utilização de antiferes de alta densidade na cabeça do molhe, em termos de custo e de dimensões da referida cabeça” adoptou-se a seguinte metodologia:

1. Redimensionamento do revestimento da cabeça do molhe com cubos antifer utilizando como peso específico do betão de alta densidade 32 kN/m^3 ;
2. Redimensionamento da sub camada de enrocamento com base no novo peso nominal dos cubos antifer;
3. Cálculo dos novos volumes de betão e enrocamento com base no novo perfil tipo da cabeça;
4. Cálculo do novo número de blocos antifer a serem colocados em obra;

Da metodologia acima descrita obtiveram-se os seguintes resultados:

1. Peso nominal dos blocos antifer de alta densidade de 40 kN (110 kN na solução apresentada em Estudo Prévio) com um volume unitário de betão de $1,25 \text{ m}^3$ ($4,5 \text{ m}^3$ na solução anterior);
2. Gama de enrocamentos do sub manto de 2 a 6 kN (5 a 10 kN na solução apresentada em Estudo Prévio);
3. Volume total de betão necessário à produção de cubos antifer de aproximadamente $3\,035 \text{ m}^3$ ($5\,936 \text{ m}^3$ na solução apresentada em Estudo Prévio);
4. Número de blocos antifer a serem colocados em obra igual a $1\,287$ (699 na solução apresentada em Estudo Prévio).

O custo unitário dos blocos antifer apresenta uma componente de produção (por m^3 de betão) e uma componente de colocação (por bloco).

Tendo como base obra do quebra-mar destacado da Barra do Douro em que foram utilizados cubos de alta densidade, estimou-se um custo total de produção e colocação de 475 €/bloco . No entanto, nessa obra o volume de betão era consideravelmente superior ao volume necessário para a obra de Angeiras e foi utilizada como fonte de inerte o desperdício de uma outra actividade. De forma a ter em conta estes dois factores uma segunda estimativa foi efectuada, obtendo-se um custo unitário de 575 €/bloco .



CONSULMAR



Apesar do custo unitário estimado de produção e colocação dos blocos ser consideravelmente inferior ao da solução apresentada em estudo Prévio, o aumento considerável do número de blocos de alta densidade, resulta num custo total da obra superior à solução de cubos de densidade normal.

Apresentam-se de seguida o resumo de custos para a solução 5, apresentada no Estudo Prévio e para as soluções 5' e 5'' resultantes do uso de blocos de alta densidade e tendo em conta os diferentes custos unitários estimados, 475 €/bloco e 575 €/bloco, respectivamente.

• Solução 5	5 026 684 €
• Solução 5'	5 075 523 €
• Solução 5''	5 217 091 €

Importa referir a incerteza associada à estimativa de custo de produção do betão de alta densidade, resultante da forte dependência da fonte de inertes utilizada, que nesta fase não é possível prever com segurança. Deste modo, assume-se que os custos unitários utilizados podem estar subestimados, podendo o custo final da obra resultar num valor significativamente mais elevado do que o aqui apresentado.

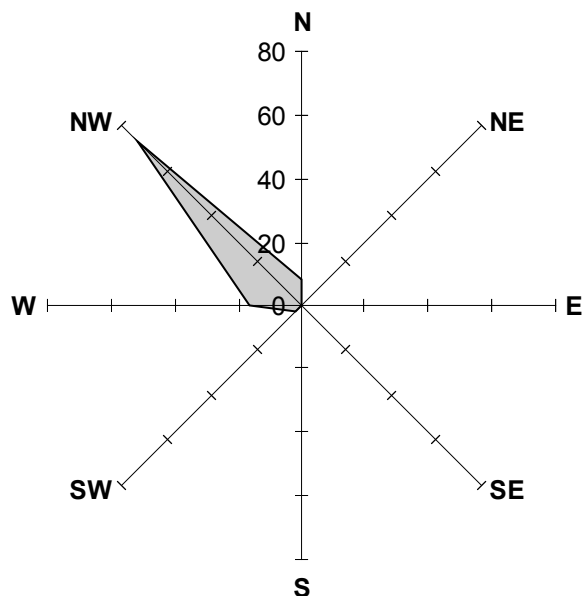
Quanto à dimensão da estrutura da cabeça do molhe, verifica-se uma redução da sua volumetria, aspecto que se admite ter um efeito positivo, na medida em que reduz o impacto visual.

CONSULMAR

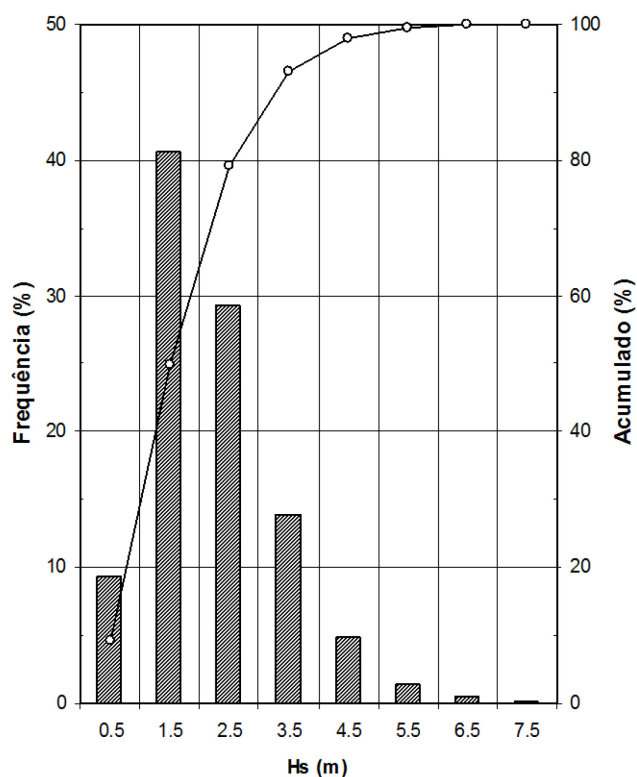
Maio 2010

Distribuição de Rumos ao Largo

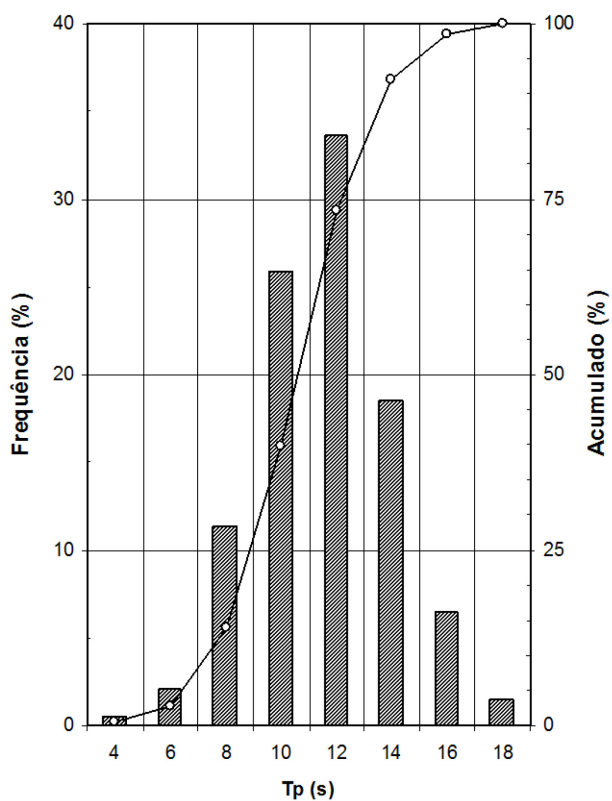
frequências (%)



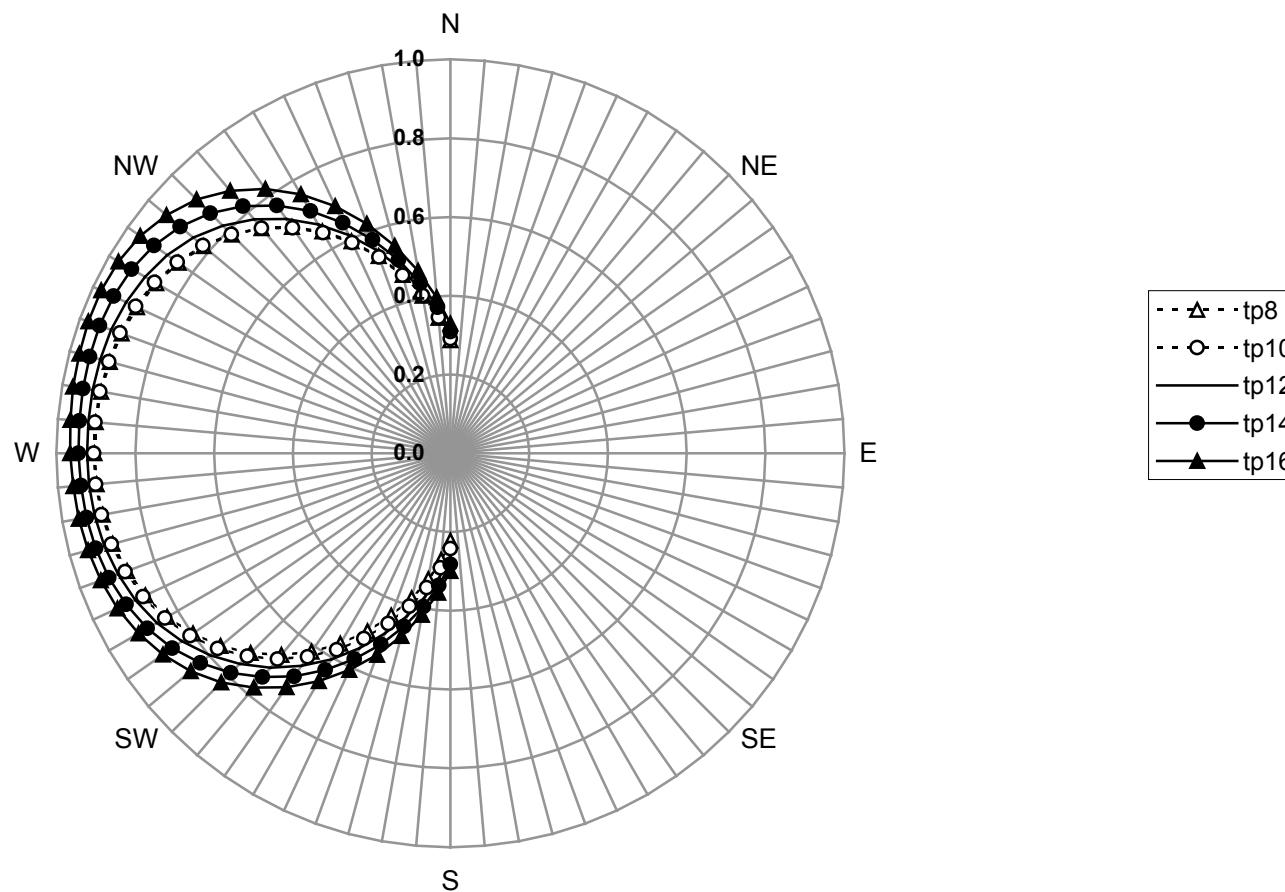
Distribuição de Alturas ao Largo

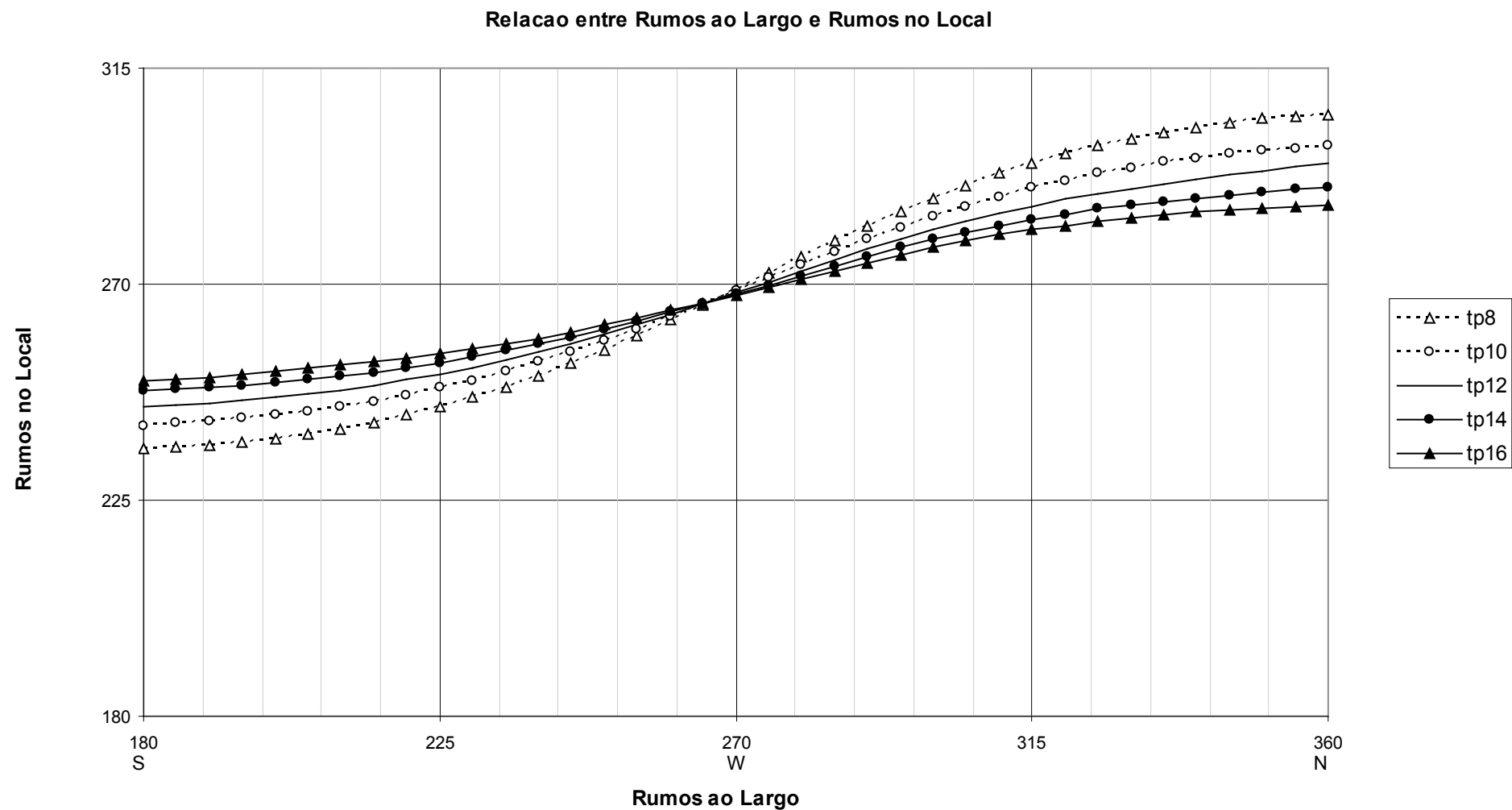


Distribuição de Períodos ao Largo



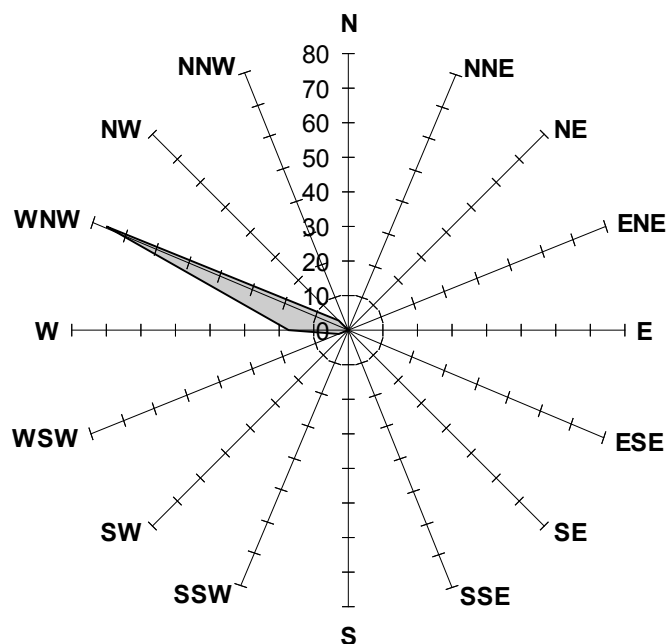
**Coeficientes de Refracao por Direccoes ao Largo
Angeiras - Ponto A**



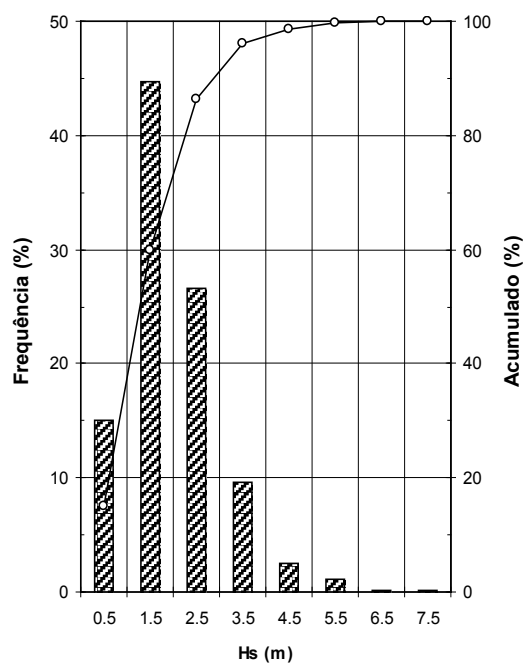


Distribuição de Rumos no Local

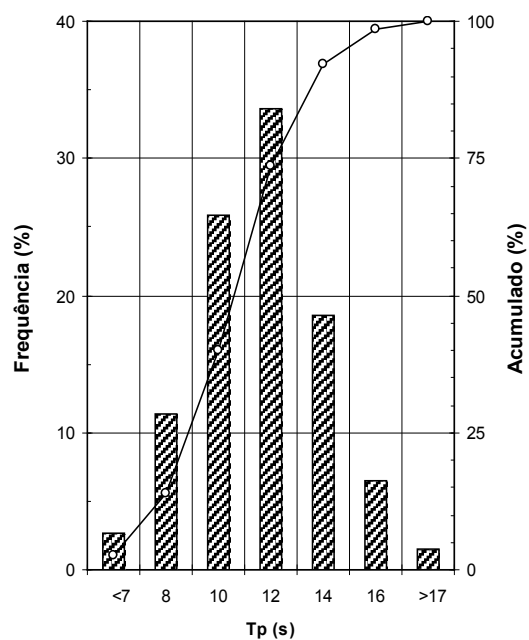
frequências (%)



Distribuição de Alturas no Local



Distribuição de Períodos no Local





CONSULMAR



ANEXOS



CONSULMAR



ANEXO I

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO MOLHE DE ABRIGO



ANEXO I

ÍNDICE

1 - FUNÇÃO, TIPOLOGIA, HORIZONTE DE PROJECTO E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO MOLHE DE ABRIGO	I.1
2 - FORMULÁRIO	I.1
3 - ELEMENTOS DE BASE	I.3
4 - RESULTADOS	I.4



CONSULMAR



1 - FUNÇÃO, TIPOLOGIA, HORIZONTE DE PROJECTO E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO MOLHE DE ABRIGO

A principal função do Molhe a executar será a criação de condições de abrigo face à agitação predominante, de W-NW, para o acesso e varagem em segurança das embarcações de pesca locais. Complementarmente, o molhe disporá de um Farolim para a sinalização marítima.

O Molhe será fundado, nas suas duas alternativas, sobre uma série de afloramentos rochosos com cotas variáveis entre +2,00 m (ZH) e -4,00 m (ZH), desenvolvendo-se sensivelmente segundo NE-SW. O manto de protecção será constituído por enrocamento seleccionado, com blocometria crescente para barlar e uma superestrutura de betão simples no coroamento.

A Alternativa 5, por se implantar a cotas mais profundas e estar sujeita a ondas maiores, apresenta blocos Antifer no revestimento da cabeça.

O Molhe será galgável, devendo resistir a condições meteo-oceanográficas correspondentes a um período de retorno de cerca de 30 anos.

A superestrutura (e bermas) do molhe destinam-se unicamente ao serviço de pessoal técnico especializado, para acesso ao Farolim e operações de manutenção. Dada a baixa cota do seu coroamento, o molhe será galgado ao longo da sua vida útil praticamente todos os anos, com uma certa frequência, maior no Inverno mas igualmente existente no Verão, pelo que o seu acesso deverá ser vedado ao público em geral (pescadores, veraneantes, etc.), ou pelo menos condicionado (através da fixação de painel com aviso). Os galgamentos ocorrerão para estados de agitação mais ou menos persistentes e intensos, mas também por ondas individuais (ou grupos de ondas) dos estados menos intensos, sendo esta a situação mais perigosa, por serem menos previsíveis. Naturalmente, tanto maior será o risco quanto maior for o comprimento do molhe.

2 - FORMULÁRIO

Onda de Projecto

A onda de projecto é a máxima compatível com a profundidade a que os diversos troços da obra se poderão encontrar ao longo da sua vida útil. Neste caso, dado que os fundos são rochosos (afloramentos), tomou-se a profundidade dada pelo levantamento disponível (Janeiro de 2000), desprezando-se, do lado da segurança, eventuais acreções que se venham a suceder sobre o pé de talude norte do molhe.



Para o efeito, utilizaram-se os métodos recomendados nas publicações “Estimating Nearshore Conditions for Irregular Waves” (CERC, 1980), “Shore Protection Manual” (CERC, 1984) e “Manual on the use of rock in Coastal and Shoreline Engineering” (CIRIA/CUR, 1991).

As alturas de maré consideradas para o cálculo das profundidades junto à obra, resultam da soma das suas componentes astronómica e meteorológica. Nas primeiras tomam-se os valores médios das maiores amplitudes de maré que ocorrem quinzenalmente (águas-vivas), ao longo de um período significativo de anos. Associadas a estas condições consideram-se as máximas variações previsíveis do nível da água (sobreelevação ou rebaixamento) devido a efeitos meteorológicos. A consideração da onda máxima compatível com os fundos implica ainda que esta atingirá a obra em estado de rebentação (ou pós-rebentação).

Peso dos elementos do manto de protecção

No que diz respeito à estabilidade dos mantos de protecção, foi utilizada a conhecida fórmula de Hudson para o cálculo do peso dos seus elementos (enrocamentos):

$$P = \frac{\gamma_e H^3}{K_D (s-1)^3 \cot g \alpha},$$

onde:

P	=	peso nominal do elemento	(kN);
γ_e	=	peso específico do elemento	(kN/m ³);
H	=	altura da onda de projecto	(m);
K_D	=	coeficiente de estabilidade	(Adimensional);
$s = \frac{\gamma_e}{\gamma_a}$	=	densidade do elemento	(Adimensional);
γ_a	=	peso específico da água do mar	(kN/m ³);
α	=	ângulo do talude com a horizontal	(°).

Os valores de K_D variam com a percentagem de quedas, tendo-se admitido poder ser de 2,5% (pequenas quedas de acordo com a classificação do LNEC).

No que diz respeito ao enrocamento, ao peso nominal, P, corresponderá a classe mínima 0,75 P a 1,25 P, devendo 75% do enrocamento apresentar um peso individual superior ao nominal.

Peso dos elementos do submanto

O cálculo do peso dos elementos do submanto é efectuado de acordo com o critério proposto pelo “Shore Protection Manual” (CERC, 1984), ou seja:



CONSULMAR



$$\frac{P}{15} \leq P_{sm} \leq \frac{P}{10} ,$$

onde:

P_{sm} = peso do enrocamento do submanto (kN);
 P = peso do elemento do manto (kN);

Espessura das camadas

As espessuras das camadas do manto e submanto são calculadas através da seguinte fórmula, proposta pelo “Shore Protection Manual” (CERC, 1984):

$$r = n K_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{P}{\gamma_e}} ,$$

onde:

r = espessura nominal total (m);
 n = número de camadas;
 K_{Δ} = factor de forma (Adimensional);
 P = peso representativo do elemento (kN).

3 - ELEMENTOS DE BASE

Maré local Astronómica

- Preia-Mar máxima (PM máx) = +4,10 m (ZH)
- Preia-Mar de Águas Vivas (PMAV) = +3,50 m (ZH)
- Baixa-Mar de Águas Vivas (BMAV) = +0,50 m (ZH)

Maré local Meteorológica (Sobrelevação meteorológica)

- Depressão atmosférica e “wind setup” (PMAV e BMAV) = $\pm 0,40$ m

Pesos específicos

- Enrocamento γ_r = 26 kN m⁻³
- Água do mar γ_w = 10,25 kN m⁻³
- Cubos Antifer γ_c = 24 kN m⁻³



Parâmetros geométricos e mecânicos

- Número de camadas $n = 2$
- Inclinação dos taludes $\cotg \alpha = 2:1$ (cabeça)
 $= 2:1, 3:2$ e $4:3$ (tronco)
 (teve-se ainda em conta uma correcção/diminuição da inclinação, α , face ao ângulo de ataque da agitação, β)
- Coeficiente de estabilidade ("breaking wave") . $K_D = 6.5$ e 7
 (cabeça/cubos)
 $= 3.0$ e 3.5
 (tronco/enrocamento)
- Factor de forma $K\Delta = 1.00$ a 1.1

4 - RESULTADOS

Onda de Projecto

	Hs (m)	
	Sol. 4	Sol. 5
Perfil 1	4.7 Ataque Radial	5.7 Ataque Radial
Perfil 2	3.9 Ataque Frontal	3.9 Ataque Frontal
Perfil 3	4.5 Ataque Oblíquo	4.5 Ataque Oblíquo
Perfil 4	3.9 Ataque Oblíquo	3.9 Ataque Oblíquo
Perfil 5	3.0 Ataque Oblíquo	3.0 Ataque Oblíquo
Perfil 6	2.4 Ataque Oblíquo	2.4 Ataque Oblíquo



CONSULMAR



IMPACTE



ANEXO II

ESTIMATIVA DE CUSTOS

N.º	DESIGNAÇÃO	Un	Quant.	Preço Un.	Parciais	Totais
ALTERNATIVA 4						
1	TRABALHOS PREPARATÓRIOS E ACESSÓRIOS	VG	1	225.800 €		225.800 €
2	MOLHE DE ABRIGO					
2,1	Perfil P1 (cabeça)	m	15	23.123 €	346.846 €	
2,2	Perfil P2	m	87	6.702 €	582.446 €	
2,3	Perfil P3	m	106	7.356 €	779.697 €	
2,4	Perfil P4	m	70	5.179 €	362.500 €	
2,5	Perfil P5	m	70	3.199 €	223.915 €	
2,5	Perfil P6	m	100	1.747 €	174.709 €	
2,6	Farolim	VG	1	30.000 €	30.000 €	2.500.113 €
3	OBRAS INTERIORES					
3,1	Dragagem do Canal de Acesso	m3	5.912	71 €	421.717 €	
3,2	Rampa e Parque de Varagem	m2	1.390	167 €	232.403 €	
3,3	Instalações de Apoio	VG	1	120.000 €	120.000 €	774.120 €
Total						3.500.033 €
Imprevistos e arredondamentos					10%	350.003 €
TOTAL GLOBAL						3.850.036 €

N.º	DESIGNAÇÃO	Un	Quant.	Preço Un.	Parciais	Totais
ALTERNATIVA 5						
1	TRABALHOS PREPARATÓRIOS E ACESSÓRIOS	VG	1	225.800 €		225.800 €
2	MOLHE DE ABRIGO					
2,1	Perfil P1 (cabeça)	m	15	45.527 €	682.907 €	
2,2	Perfil P2	m	106,9	6.702 €	716.495 €	
2,3	Perfil P3	m	106	7.356 €	779.697 €	
2,4	Perfil P4	m	70	5.179 €	362.500 €	
2,5	Perfil P5	m	70	3.199 €	223.915 €	
2,5	Perfil P6	m	100	1.747 €	174.709 €	
2,6	Farolim	VG	1	30.000 €	30.000 €	2.970.223 €
3	OBRAS INTERIORES					
3,1	Dragagem do Canal de Acesso	m3	5.912	71 €	421.717 €	
3,2	Rampa e Parque de Varagem	m2	1.390	167 €	232.403 €	
3,3	Instalações de Apoio	VG	1	120.000 €	120.000 €	774.120 €
Total						3.970.143 €
Imprevistos e arredondamentos					10%	397.014 €
TOTAL GLOBAL						4.367.157 €



CONSULMAR



ANEXO III

ESTUDOS ADICIONAIS DE MODELAÇÃO MATEMÁTICA

ELABORAÇÃO DO PLANO DE INTERVENÇÃO NA ZONA PISCATÓRIA DE ANGEIRAS E PROJECTO DE UMA OBRA MARÍTIMA DE ABRIGO

Estudos Adicionais de Modelação Matemática



Certificação de Qualidade
ISO 9001:2000:



Ficha de Documentação		
Classificação: Confidencial	Distribuição Cliente	Observações
Título Elaboração do Plano de Intervenção na Zona Piscatória de Angeiras e Projecto de uma Obra Marítima de Abrigo		Title Planning of Angeiras area and building of boat shelter area
Palavras Chave Modelação, Ondas, Correntes litorais, Transporte.		Keywords Modelling, Waves, Littoral Currents, Transport.
Resumo O presente trabalho de modelação insere-se no estudo e definição de um plano de intervenções para a zona piscatória de Angeiras, definida no Plano de Ordenamento da Orla Costeira Caminha-Espinho envolvendo a requalificação do respectivo aglomerado urbano e a melhoria das infra-estruturas de apoio à pesca a valorização turística local Tendo a Hidromod efectuado em 2002 uma avaliação detalhada de 4 alternativas de projecto, foi agora decidido avançar com uma variante à alternativa 4 que consiste em prolongar o quebra mar por mais 20 metros. No presente estudo é efectuada uma avaliação das condições de protecção em relação à agitação, das correntes litorais e dos processos de transporte e efectuada uma comparação com os resultados anteriormente apresentados para a alternativa 4.		
Abstract The present work refers to the studies made in the framework of the planning of Angeiras area as it is defined in the Caminha-Espinho coastal development plan which foresees the regularisation of Angeiras urban area and the improvement of the local fishing infrastructures. In 2002 Hidromod made a detailed evaluation of 4 project solutions for the construction of a breakwater that could improve the access to the beach of the local fishing boats. It was now decided to choose the Project solution 4 with some design adjustments. Namely it was proposed to increase the breakwater length in 20 meters in relation of what it was proposed in Project solution 4. In the present study this new solution is evaluated in what concerns its ability to provide proper sheltering conditions and in its possible impacts over the littoral drift.		
Entidade que produziu o documento Hidromod, Modelação em Engenharia, Lda Taguspark, Núcleo Central, 349, 2780-920 Oeiras Tel: 214211373 – Fax: 214211272 Email: hidromod@taguspark.pt 		
Entidade para quem foi produzido o documento CONSULMAR, Projectistas e Consultores, Lda. Rua Joaquim António de Aguiar, 27, 9º dto, 1000 Lisboa Tel: 213860400 ó Fax: 213862679 		
Autores Adélio J. R. Silva	Título Eng. Civil, Dr.	
Verificação José Chambel Leitão	Título Eng. Civil, Dr.	
Data de produção 21 – Jan - 2010	Nº de páginas 39	Nº de Referência V1

Índice Geral

<i>1</i>	<i>Introdução</i>	<i>6</i>
<i>2</i>	<i>Simulações da agitação</i>	<i>8</i>
2.1	Zona de aproximação	8
2.2	Zona local	8
<i>3</i>	<i>Simulação dos campos de correntes produzidas por acção das ondas</i>	<i>10</i>
<i>4</i>	<i>Informação de base</i>	<i>12</i>
<i>5</i>	<i>Caracterização do regime de agitação</i>	<i>14</i>
<i>6</i>	<i>Simulação da propagação da agitação</i>	<i>17</i>
6.1	Condições de agitação ao largo	17
6.2	Condições de agitação locais	18
<i>7</i>	<i>Correntes litorais</i>	<i>26</i>
<i>8</i>	<i>Transporte de areias</i>	<i>37</i>
<i>9</i>	<i>Conclusões</i>	<i>39</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Batimetria correspondente à nova variante à solução de projecto 4</i>	7
<i>Figura 2 – Aspecto da zona de aproximação das embarcações de pesca</i>	7
<i>Figura 3: Esquema de funcionamento do sistema de modelação hidromorfológica.</i>	10
<i>Figura 4: Informação batimétrica disponível</i>	12
<i>Figura 5: Batimetria de aproximação</i>	13
<i>Figura 6: Batimetria local</i>	13
<i>Figura 7: Distribuição de direcções ao largo (HP/Consulmar, 1995)</i>	15
<i>Figura 8: Distribuição de alturas significativas ao largo (HP/Consulmar, 1995)</i>	16
<i>Figura 9: Distribuição de períodos de pico ao largo (HP/Consulmar, 1995)</i>	16
<i>Figura 10: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente WNW com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.</i>	20
<i>Figura 11: Índices de agitação para uma onda local proveniente WNW com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m. Variante proposta (a) e alternativa de projecto 4 (b).</i>	21
<i>Figura 12: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente W10N com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.</i>	22
<i>Figura 13: Índices de agitação para uma onda local proveniente W10N com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m. Variante proposta (a) e alternativa de projecto 4 (b).</i>	23
<i>Figura 14: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente W10S com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.</i>	24
<i>Figura 15: Índices de agitação para uma onda local proveniente W10S com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m. Variante proposta (a) e alternativa de projecto 4 (b).</i>	25
<i>Figura 16: Sobreposição das correntes calculadas pelo modelo com um campo de ondas observado no local.</i>	27
<i>Figura 17: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).</i>	28
<i>Figura 18: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).</i>	29
<i>Figura 19: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).</i>	30

- Figura 20: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 31
- Figura 21: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 32
- Figura 22: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 33
- Figura 23: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 34
- Figura 24: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 35
- Figura 25: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 36
- Figura 26: Tendências iniciais de transporte para condições de agitação caracterizadas por ondas provenientes de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b). ____ 38

1 Introdução

Em 2002 a Hidromod procedeu a uma avaliação de diferentes alternativas de projecto para construção de uma obra marítima de abrigo em Angeiras. Na altura foram avaliadas quatro alternativas no que respeita às condições de abrigo criadas e ao impacte na dinâmica litoral. Estando nesta altura a ponderar-se a construção da obra foi solicitado ao projectista o estudo da construção de uma variante da alternativa 4 com um acréscimo do comprimento do quebra-mar da ordem dos 20 metros.

Na sequência deste pedido a Consulmar solicitou à Hidromod a execução de simulações adicionais que permitissem efectuar uma avaliação similar à anteriormente efectuada para as restantes alternativas e que permitisse identificar as alterações de comportamento relativamente à alternativa 4 em termos de abrigo e de impacte na dinâmica litoral.

A alternativa de projecto proposta (*cf. Figura 1*) designada de Solução 5, à semelhança das soluções anteriormente estudadas, é constituída basicamente por um molhe que se desenvolve em águas relativamente pouco profundas e acompanhando alguns afloramentos rochosos locais (*cf. Figura 2*).

No presente relatório é efectuada uma descrição das novas simulações e efectuada uma avaliação dos respectivos resultados.



Figura 1: Batimetria correspondente à nova variante à solução de projecto 4



Figura 2 – Aspecto da zona de aproximação das embarcações de pesca

2 Simulações da agitação

2.1 Zona de aproximação

Situando-se a praia de Angeiras, numa zona de costa aberta, os processos mais relevantes estarão necessariamente ligados à refacção e empolamento das ondas. Tendo em consideração estas características, a simulação da agitação do largo até à costa foi efectuada com base num modelo de propagação da energia da onda, capaz de simular a propagação de um espectro direccionado – STWAVE (Steady-state spectral wave model). Este modelo permite a descrição quantitativa da variação dos parâmetros da onda (altura, período, direcção e forma espectral) ao longo da respectiva propagação desde o largo até à costa.

O modelo STWAVE é o modelo de propagação da agitação utilizado usualmente pelo US Army Corps of Engineers, e inclui a simulação dos fenómenos de difracção, refacção e empolamento das ondas por efeito da batimetria e da interacção com correntes, e geração de ondulação por acção do vento. Para além disso o modelo contempla ainda a simulação dos processos de rebentação e da interacção onda-onda e *white capping* responsáveis pela redistribuição e dissipação de energia num campo de ondas em desenvolvimento.

Uma descrição mais pormenorizada deste modelo é apresentada mais à frente.

2.2 Zona local

O modelo anterior, sendo extremamente eficaz na simulação da agitação em zonas de costa aberta, apresenta no entanto limitações importantes no que respeita à simulação dos fenómenos de difracção e não tem em consideração os efeitos da reflexão, dois aspectos fundamentais na simulação da agitação em zonas protegidas.

Para ultrapassar estas limitações, utilizou-se o módulo de propagação de ondas de vento do sistema MOHID o qual permite ter em consideração a generalidade dos efeitos a que as ondas se encontram sujeitas no decorrer do respectivo processo de propagação.

MOHID é um modelo hidrodinâmico bidimensional, integrado na vertical, originalmente desenvolvido no Instituto Superior Técnico (IST), que resolve as equações para águas pouco profundas, que resultam da integração na vertical das equações de Navier-Stokes.

Este modelo possui um módulo que resolve a aproximação com pressão hidrostática (equações de Saint-Venant) e outro que resolve a aproximação com pressão não hidrostática (equações de Boussinesq). O primeiro é aplicável a escoamentos de ondas longas (*e.g.* propagação da maré) e o segundo a escoamentos de ondas mais curtas (*e.g.* propagação de ondas de vento).

O módulo de propagação de ondas de vento possui ainda uma aproximação para águas profundas que permite aplicar o modelo para propagar ondas desde grandes a pequenas profundidades.

Uma descrição mais pormenorizada deste modelo é apresentada mais à frente.

3 Simulação dos campos de correntes produzidas por acção das ondas

A simulação dos campos de correntes produzidos por acção das ondas e dos fenómenos de transporte associados envolverá um sistema mais complexo que permita prever a evolução da batimetria e suas implicações sobre a circulação.

Assim, e à semelhança de procedimentos já utilizados em aplicações anteriores, foi utilizada uma metodologia que segue uma sequência do tipo exemplificado na Figura 3. Dada a imprevisibilidade da ocorrência dos agentes modeladores (neste caso das ondas), a modelação dos campos de correntes associados, e consequentemente dos fenómenos de transporte, reveste-se de aspectos complexos.

Adicionalmente, dada a escassez de dados sobre as características sedimentares da zona (granulometrias, correntes litorais, taxas de transporte, etc.), deve ter-se em atenção que os resultados requerem uma análise cuidada, devendo ser observados essencialmente do ponto de vista qualitativo e como suporte à compreensão da dinâmica litoral.

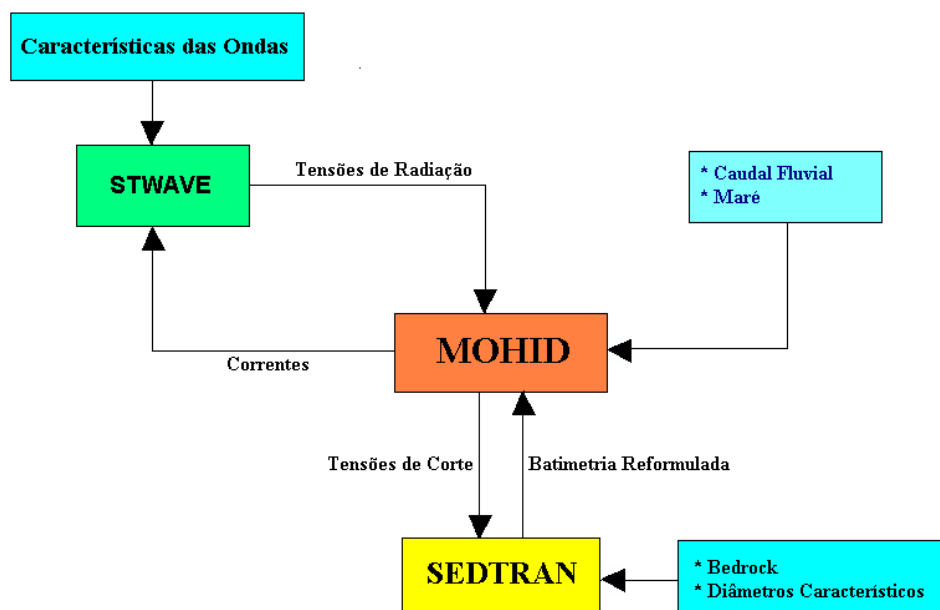


Figura 3: Esquema de funcionamento do sistema de modelação hidromorfológica.

Deve ainda ter-se em atenção que à medida que vão sendo calculadas novas grandezas vão sendo incorporadas novas incertezas. Assim, se a determinação das correntes litorais inclui desde logo incertezas associadas à falta de informação da batimetria na zona de rebentação e à definição dos coeficientes de atrito a utilizar, a inclusão dos processos de transporte introduz ainda erros adicionais relacionados com a definição das granulometrias, taxas de transporte, etc.

De facto, é necessário ter em atenção que os modelos conduzirão a resultados tanto mais quantificáveis quanto puderem ser sustentados por dados de campo que permitam a respectiva verificação, calibração e validação.

Assim, a análise das correntes litorais calculadas pelo modelo quando cruzada com a informação disponível sobre o comportamento do sistema deve constituir a primeira base de avaliação da dinâmica local.

A simulação dos aspectos relacionados com o transporte, por incluírem factores de incerteza adicionais decorrentes da falta de informação sobre as taxas de transporte e sobre as características dos sedimentos locais, deverão ser utilizadas como factor de avaliação adicional e tendo sempre em consideração os condicionalismos atrás referidos.

As simulações efectuadas tiveram assim por base o sistema de modelos esquematizado na Figura 3. Neste esquema, o modelo STWAVE foi utilizado para simulação da propagação da agitação, o modelo MOHID para determinação das correntes litorais e o módulo SEDTRAN para o cálculo das taxas de transporte associadas.

4 Informação de base

A informação batimétrica de base utilizada na implementação do modelo foi digitalizada com base na informação disponível. Esta informação resume-se a um levantamento da zona de aproximação à escala 1:50.000 e a um levantamento de uma zona local, muito restrita, a uma escala 1:1.000, efectuado pelo IMP em Janeiro de 2000 (*cf. Figura 4*). A transformação da informação digitalizada para malhas de cálculo utilizáveis pelos modelos foi posteriormente efectuada na Hidromod.

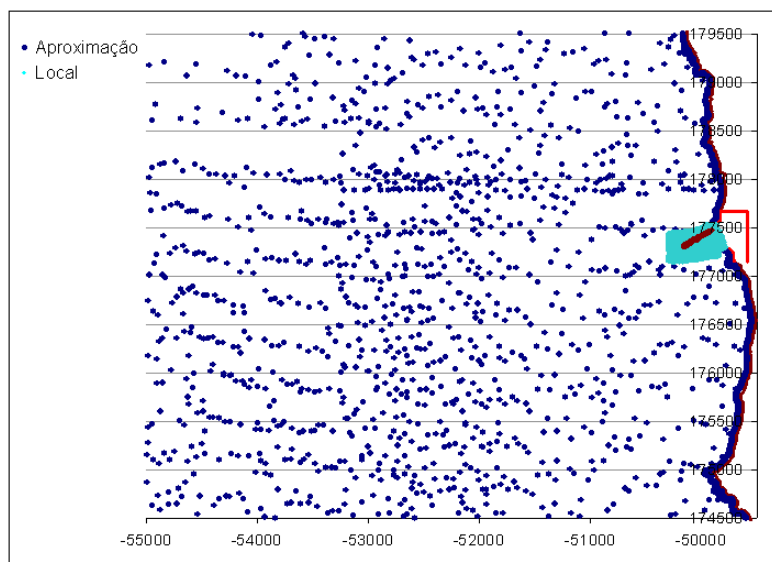


Figura 4: Informação batimétrica disponível

Para este efeito foram construídas duas malhas de cálculo, uma com o objectivo de simular a aproximação das ondas do largo até à costa (modelo STWAVE), as correntes litorais e os processos de transporte na zona próxima, e outra com o objectivo de permitir efectuar as simulações de propagação da agitação na zona local com base no modelo MOHID.

A primeira é constituída por uma malha com células quadradas com 10 metros de lado e perfazendo um total de 275.000 pontos de cálculo (*cf. Figura 5*).

A segunda, por necessidade das características do modelo MOHID que necessita de um mínimo de 15 a 20 pontos de cálculo por comprimento de onda, é constituída por uma

malha com células de 4 metros de lado apresentando um total de 120.000 pontos de cálculo (cf. Figura 6).

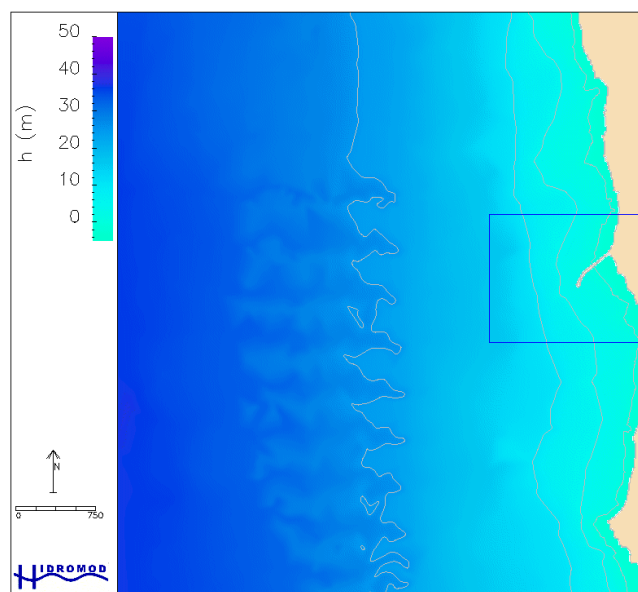


Figura 5: Batimetria de aproximação

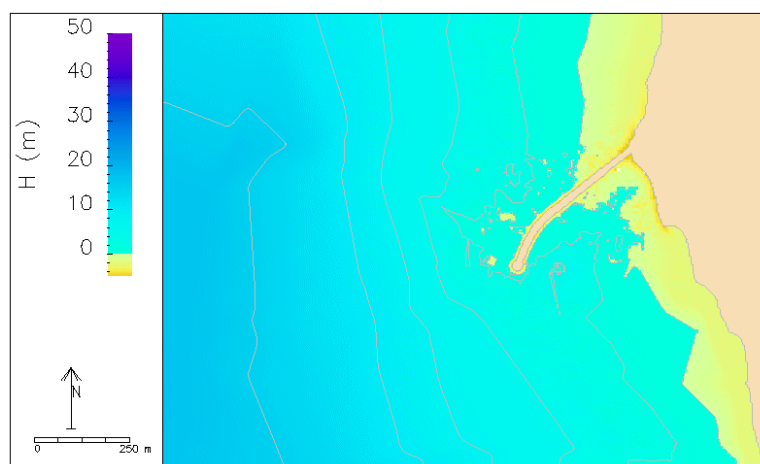


Figura 6: Batimetria local

Não tendo sido possível confirmar a existência de valores de taxas de transporte, correntes litorais ou características do material de fundo que permitam calibrar o modelo de transporte, a análise destes processos será efectuada com base em critérios de análise qualitativa, focando-se a atenção essencialmente nos aspectos relacionados com a distribuição das correntes antes e após a construção das obras relativas às soluções propostas.

5 Caracterização do regime de agitação

Dos elementos de que se dispõe para caracterizar, com um mínimo de rigor, a agitação que pode atingir o local em estudo, aqueles que melhor permitem caracterizar o regime de agitação, em termos médios de direcção, altura e período das ondas, são os registos do ondógrafo direccionado da Figueira da Foz.

Estes registos foram colhidos durante cerca de dois anos e meio (Julho de 1990 a Dezembro de 1993) por uma bóia-ondógrafo localizada ao largo da Figueira da Foz, numa posição a cerca de 90 m de profundidade, onde os efeitos da refacção são desprezáveis para a maioria das ondas.

Os resultantes do tratamento dos registos são apresentados no Relatório do Projecto “NATO PO-WAVES Wind Wave Climatology of the Portuguese Coast”, Julho de 1994, sob a forma de tabelas com as distribuições conjuntas de alturas e períodos por rumo.

Na interpretação destes resultados devem-se ter em conta alguns inconvenientes que lhes estão associados, entre os quais se contam questões directamente ligadas aos registos, como o curto período da sua duração e a localização da bóia em relação ao local aqui em estudo, e questões relativas ao modo como os dados são apresentados, nomeadamente a discriminação por sectores direccionais bastante largos (45°).

Nas Figura 7 a Figura 9 apresentam-se as distribuições dos rumos, alturas e períodos de agitação, salientando-se as seguintes constatações:

-  Verifica-se que a quase totalidade das ondas é proveniente de rumos entre o W e o N, sendo o rumo mais frequente o NW, com mais de 70% das ocorrências;
-  No que respeita à distribuição de alturas, verifica-se que o escalão mais frequente é o de 1 a 2 m, com cerca de 40% das observações, seguindo-se o de 2 a 3 m, com uma frequência próxima de 30%. Cerca de 50% das ondas são inferiores a 2 m, sendo a frequência de alturas superiores a 5 m da ordem de 2%;

- Quanto à distribuição de períodos de pico das ondas, verifica-se que o escalão mais frequente é o de 12 a 14 s, com 33,5% das ocorrências, seguindo-se o de 10 a 12 s, com cerca de 26%. A frequência de períodos superiores a 15 s é da ordem de 8%.

Procurou-se ainda caracterizar a variação sazonal do regime de agitação, factor que pode assumir alguma relevância para o comportamento fisiográfico do sistema formado pela embocadura e banco exterior, tendo-se chegado às seguintes conclusões:

- As distribuições de rumos para os meses de Inverno e de Verão revelam que não se verificam diferenças significativas entre as duas distribuições;
- No que diz respeito às distribuições de alturas já é perceptível uma diferença relevante entre os meses de Inverno e de Verão. Como seria de esperar, nos primeiros as alturas de onda são mais elevadas, sendo os escalões mais frequentes os de 1 a 2 m e de 2 a 3 m; nos meses de Verão o escalão mais frequente é o de 1 a 2 m. No Inverno cerca de 10% das ondas são superiores a 4 m, enquanto no Verão a percentagem equivalente é próxima de 2 m; no Verão quase 55% das ondas são inferiores a 2 m, enquanto no Inverno apenas 33% se enquadra neste limite.

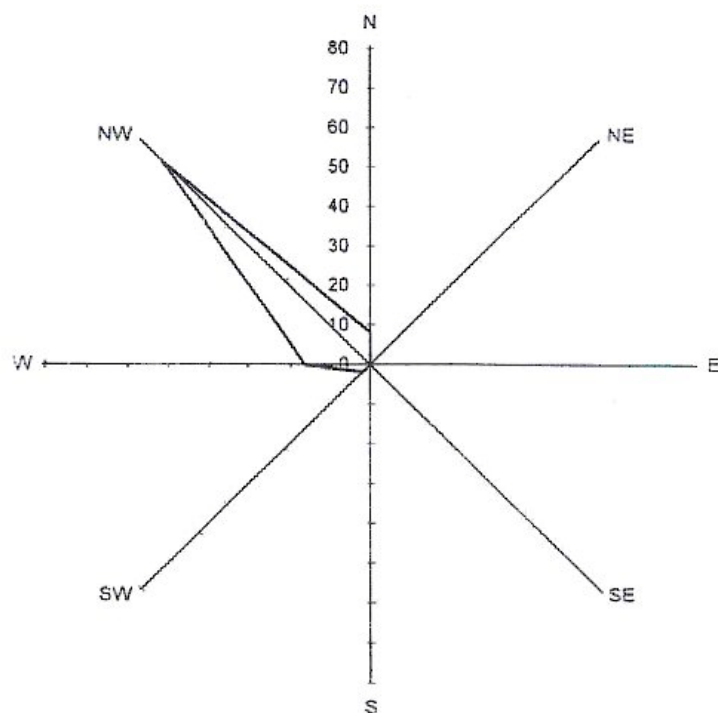


Figura 7: Distribuição de direcções ao largo (HP/Consulmar, 1995)

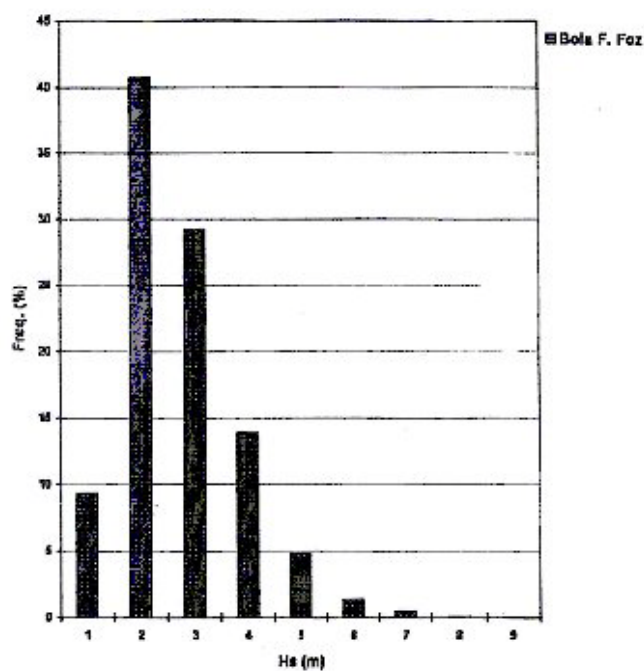


Figura 8: Distribuição de alturas significativas ao largo (HP/Consulmar, 1995)

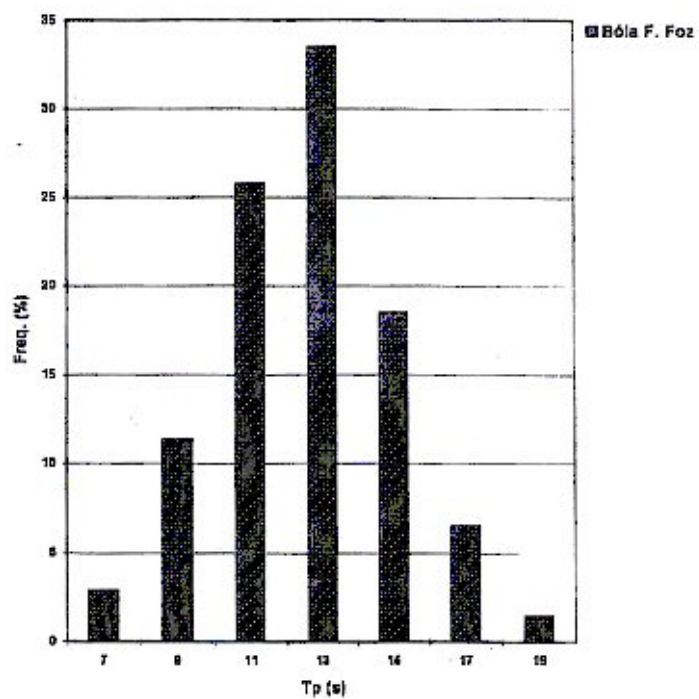


Figura 9: Distribuição de períodos de pico ao largo (HP/Consulmar, 1995)

6 Simulação da propagação da agitação

No trecho de costa que poderá eventualmente ser alvo da influência das obras propostas, tal como acontece na generalidade da costa portuguesa, o agente determinante na movimentação e equilíbrio sedimentar é a agitação marítima. Por essa razão é de fundamental importância uma análise da propagação da agitação que permita caracterizar a situação actual e prever qual será o comportamento do sistema após a construção das estruturas.

A simulação da agitação envolveu os aspectos da propagação desde o largo até à costa, efectuadas com base no modelo STWAVE, e das condições de agitação na zona local, efectuadas com o modelo MOHID.

A análise da propagação da agitação desde uma zona com cerca de 30 m de profundidade até à costa foi efectuada com base no modelo STWAVE, o qual permite simular a propagação da energia da onda tendo por base um espectro direccionado, dando como resultado a descrição quantitativa da variação dos parâmetros da onda (altura, período, direcção e forma espectral) ao longo da respectiva propagação desde o largo até à costa.

Estas simulações para além de servirem de suporte à determinação das correntes litorais permitiram igualmente definir condições numa zona local, para aplicação de um modelo capaz de descrever aspectos mais detalhados do problema (MOHID).

6.1 Condições de agitação ao largo

A definição das condições de agitação a impor na zona local foi efectuada com base nos resultados do modelo STWAVE o qual foi utilizado para simular a propagação da agitação desde águas profundas até à costa. Na zona definida pela fronteira do modelo local foram determinadas as características das ondas que foram posteriormente utilizadas como condição de fronteira do modelo local.

De acordo com as opções do estudo anterior foram seleccionadas as seguintes condições de agitação ao largo para posterior simulação dos processos de transporte:

Dir = W40N, $H_s=1.5$ m, $T=12$ s

Dir = WNW, $H_s=1.5$ m, $T=12$ s

Dir = WNW, $H_s=4.0$ m, $T=12$ s

6.2 Condições de agitação locais

O modelo anterior, sendo extremamente eficaz na simulação da agitação em zonas de costa aberta, apresenta no entanto limitações importantes no que respeita à simulação dos fenómenos de difracção e não tem em consideração os efeitos da reflexão, dois aspectos fundamentais na simulação da agitação em zonas portuárias.

Para ultrapassar estas limitações, foi utilizado o módulo de propagação de ondas de vento do sistema MOHID o qual permite ter em consideração a generalidade dos efeitos a que as ondas se encontram sujeitas no decorrer do respectivo processo de propagação.

As condições de agitação simuladas foram as mesmas já utilizadas no estudo anterior e tiveram por base uma análise dos resultados do modelo STWAVE:

Dir = WNW com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m;

Dir = W10N com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m;

Dir = W10S com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m;

Os resultados das simulações são apresentados na forma de perspectiva das cristas das ondas (uma para cada uma das direcções simuladas) e de mapas de cores representando classes de alturas das ondas.

Em relação aos resultados deste modelo deverão ter-se em atenção dois aspectos importantes: por um lado, em cada simulação, foi considerada uma única onda (conjunto altura, período, direcção) e, por outro lado, atendendo a que este modelo não calcula alturas de onda mas sim elevações da superfície livre em cada instante de tempo, os valores

apresentados como *alturas de onda* representam na realidade uma envolvente dos valores máximos verificados em cada ponto. Estes dois aspectos reunidos deverão contribuir para uma avaliação pessimista (do lado da segurança portanto) dos valores da altura da onda a esperar em cada ponto.

Adicionalmente há que ter em consideração que sendo este modelo bastante complexo, implica igualmente a definição de parâmetros sobre os quais recaem incertezas tais como o efeito da difusão numérica e os coeficientes de reflexão, de atrito e de difusão (*cf. descrição do modelo explicada mais à frente*).

A variante¹ à alternativa de projecto 4 do estudo anterior, em concordância com o que seria de esperar em função do aumento do comprimento do quebra-mar, mostra um ligeiro benefício em termos de abrigo especialmente nos rumos rodados a Norte. No caso do rumo rodado a Sul, também tal como seria de esperar, esse benefício não é evidente (*cf. Figura 10 a Figura 15*).

¹ A variante de projecto estudada é apresentada também nas figuras como Solução 5

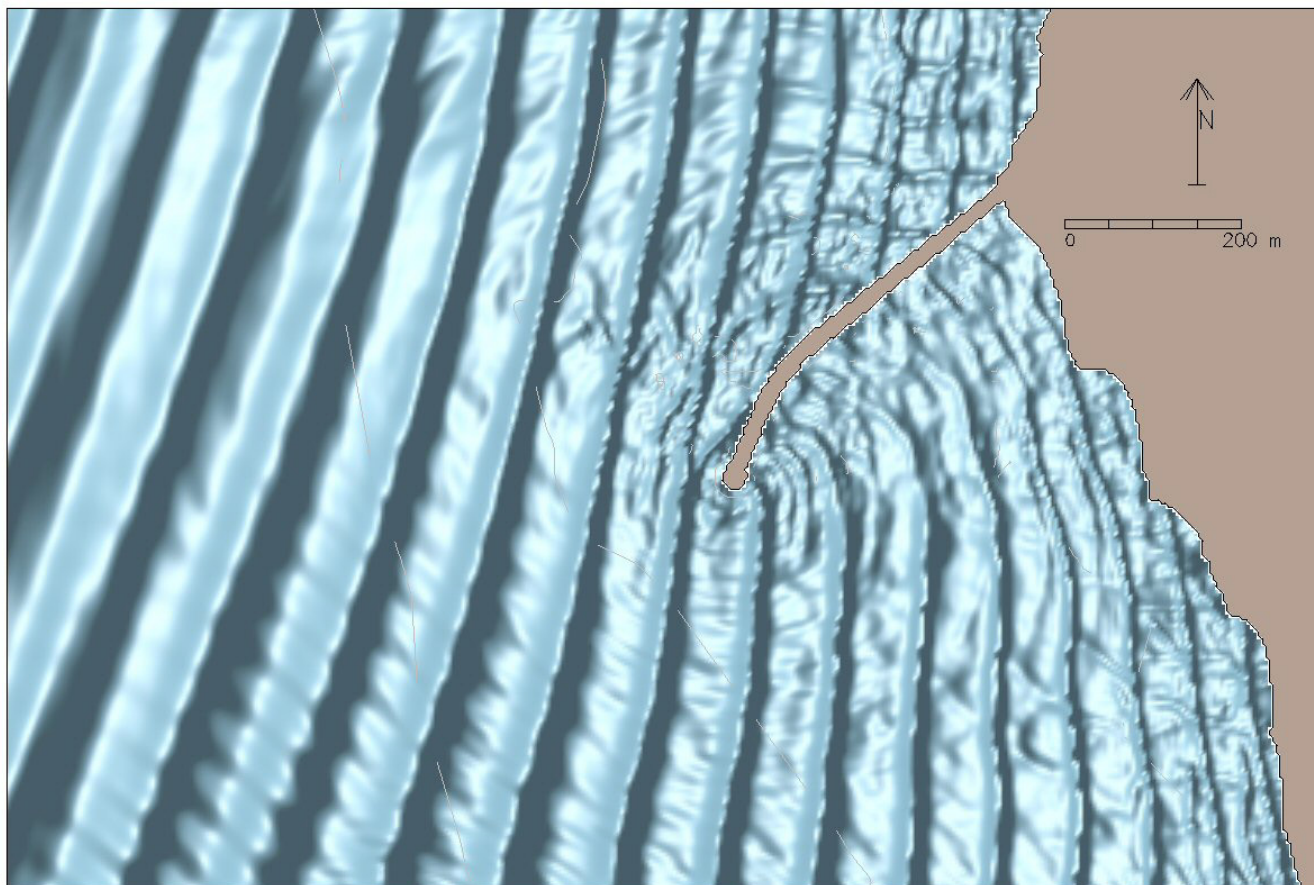


Figura 10: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente WNW com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.

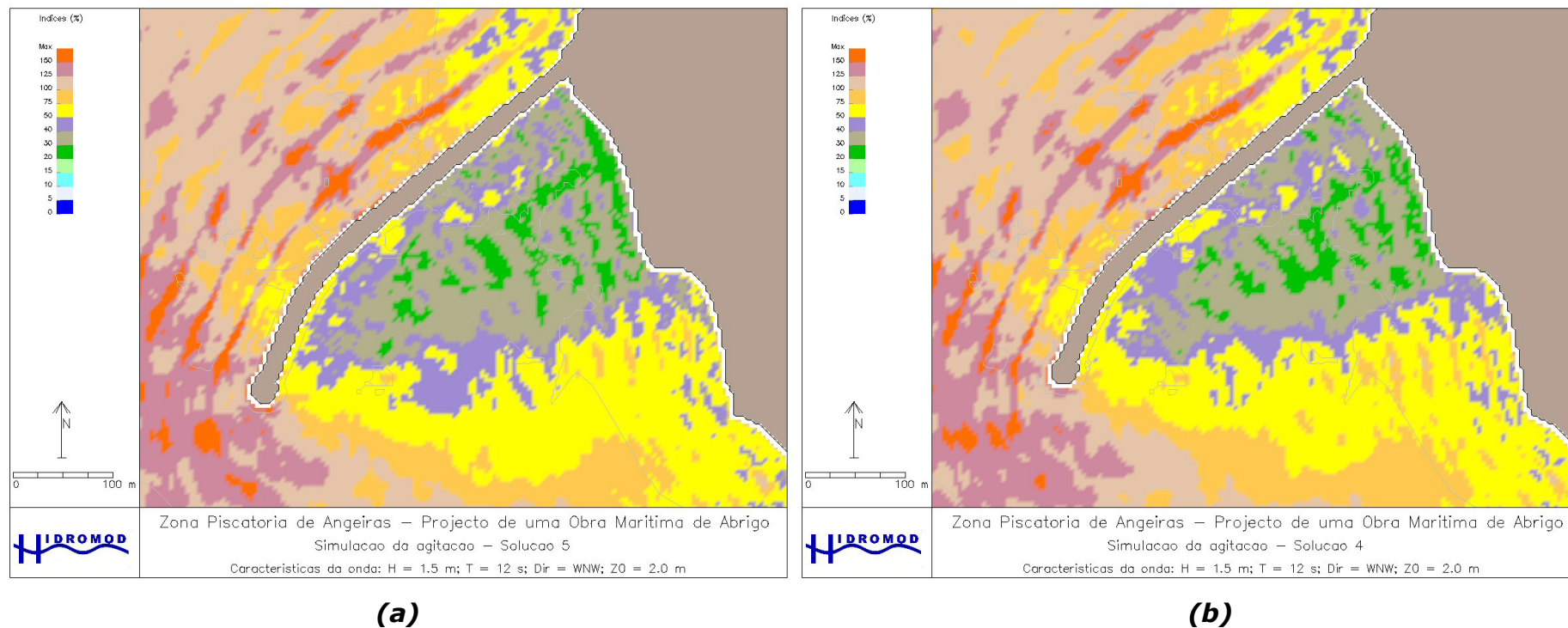


Figura 11: Índices de agitação para uma onda local proveniente WNW com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m. Variante proposta **(a)** e alternativa de projecto 4 **(b)**.

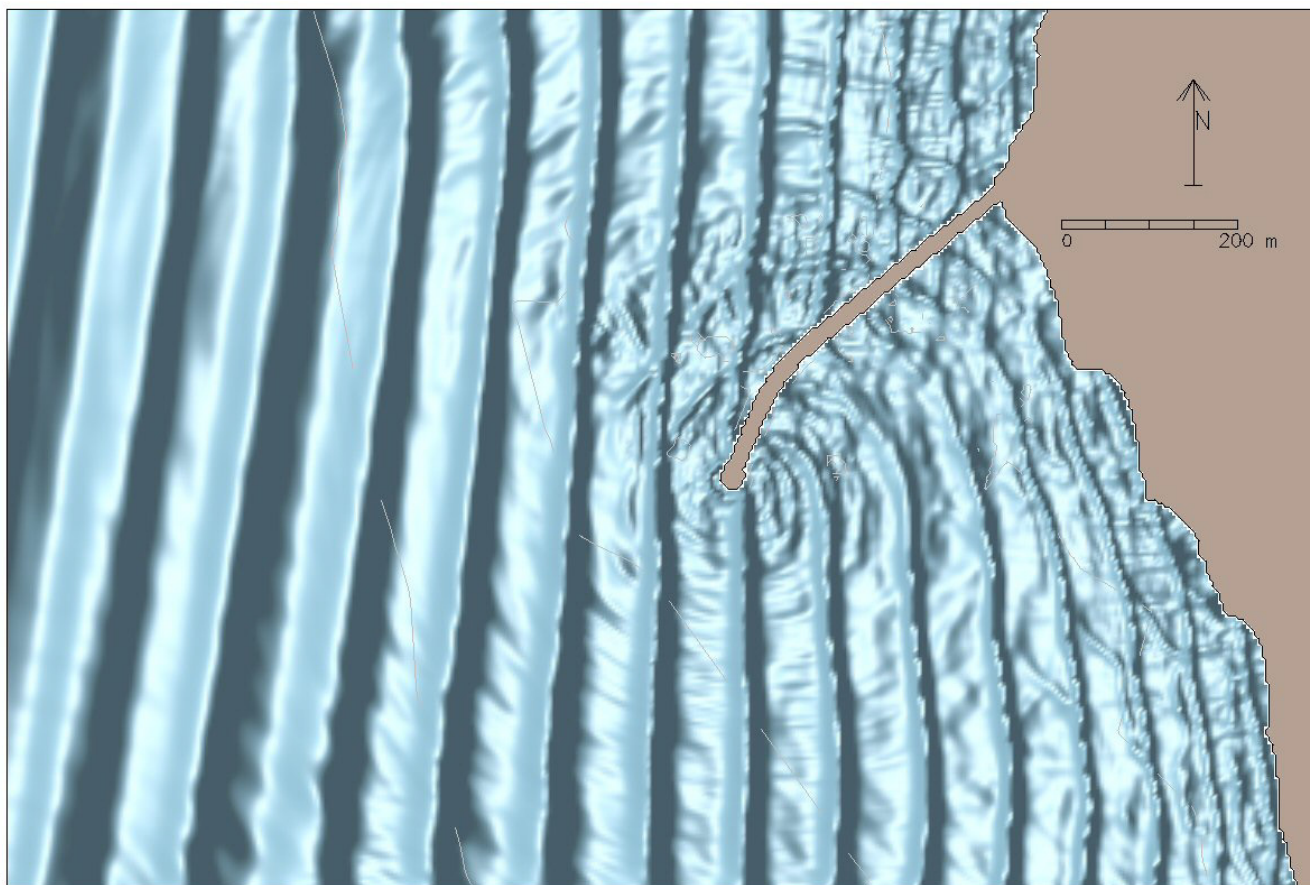


Figura 12: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente W10N com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.

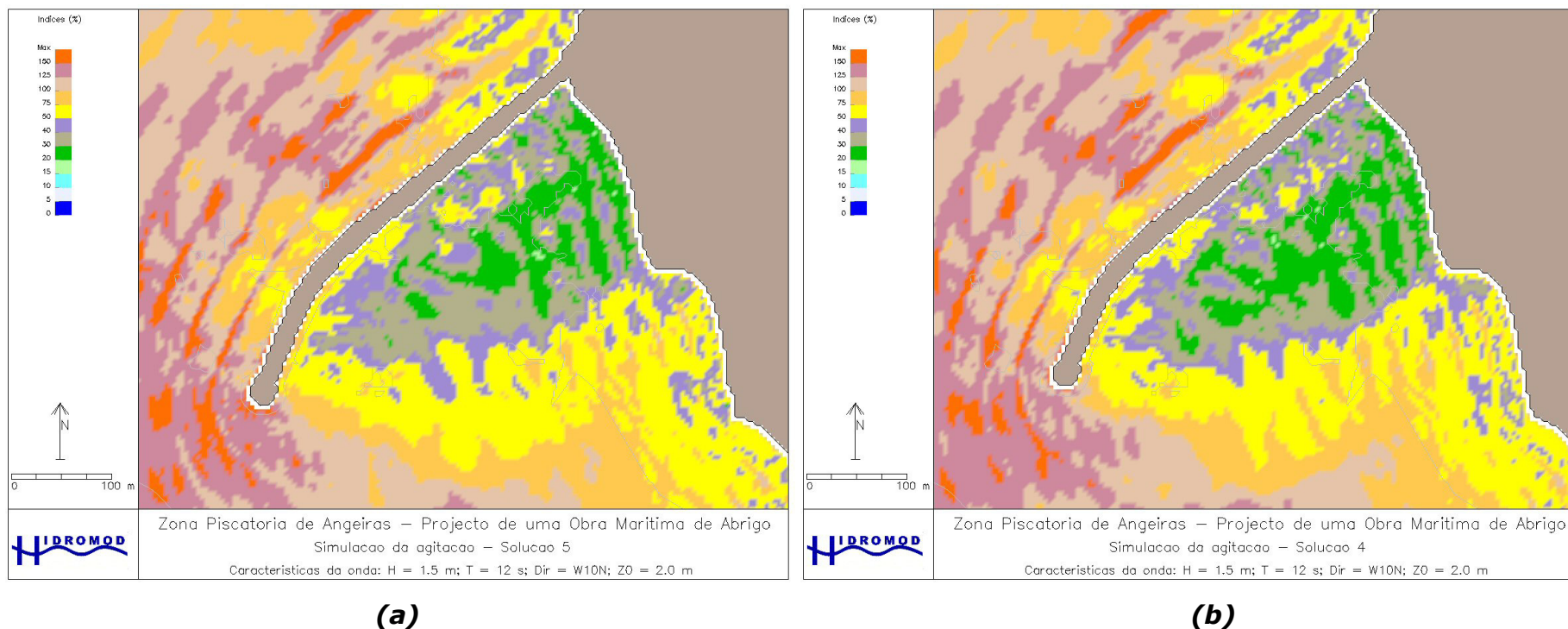


Figura 13: Índices de agitação para uma onda local proveniente W10N com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z0 = 2$ m. Variante proposta **(a)** e alternativa de projecto 4 **(b)**.

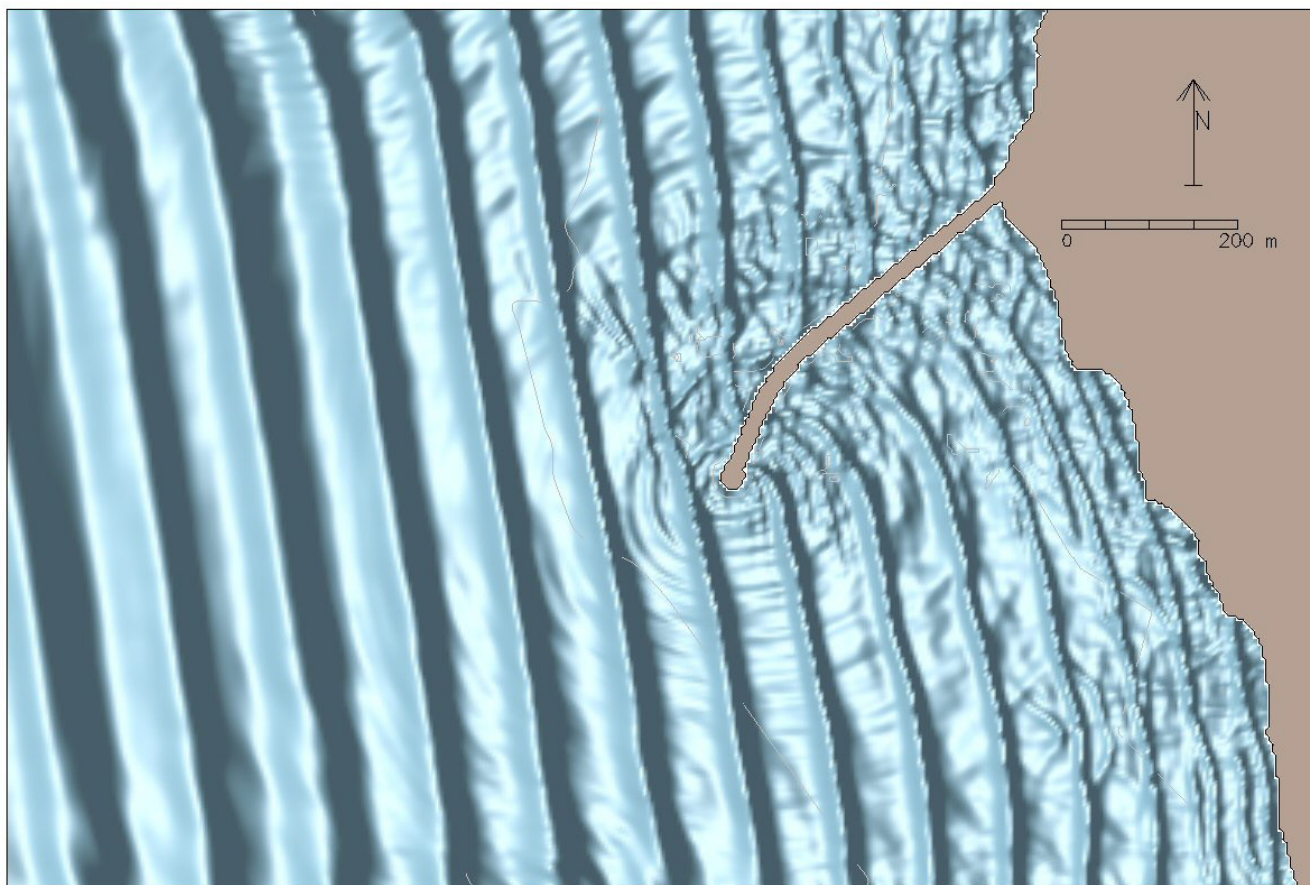


Figura 14: Simulação da propagação da agitação para uma onda local proveniente W10S com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m.

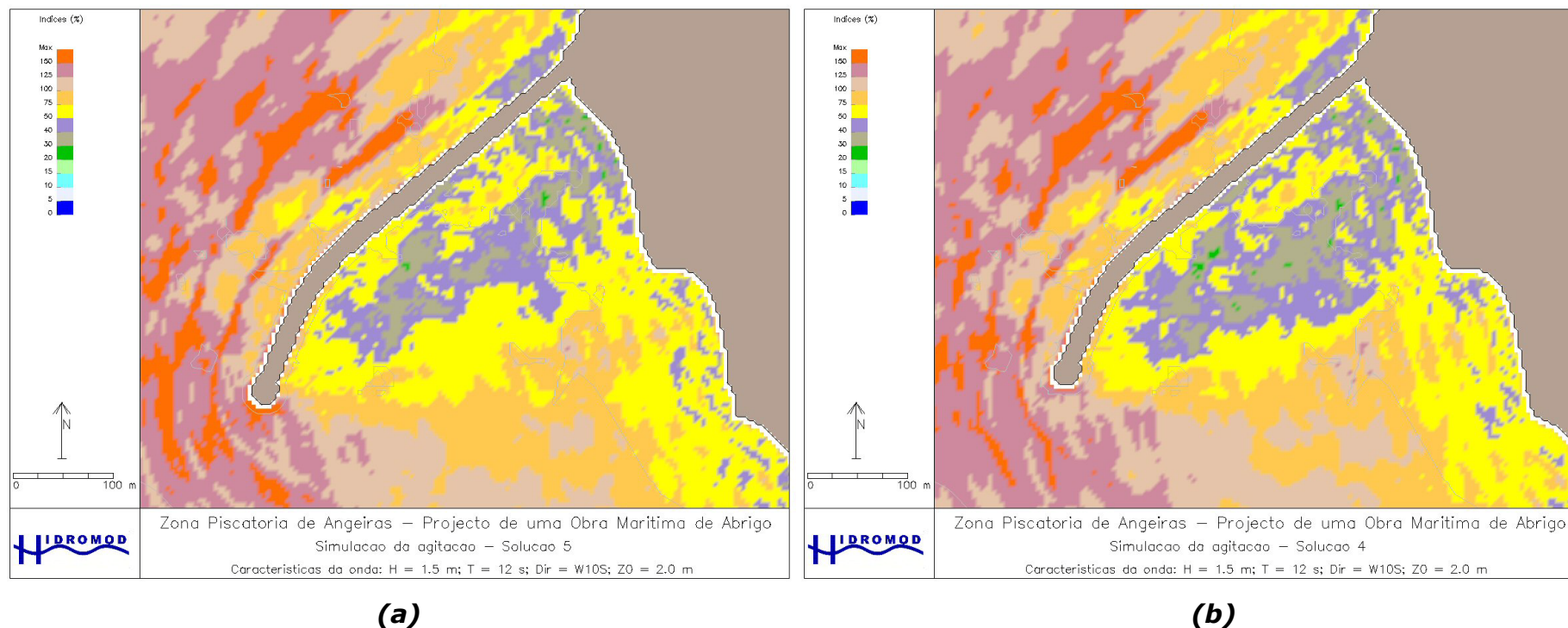


Figura 15: Índices de agitação para uma onda local proveniente W10S com $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2$ m. Variante proposta **(a)** e alternativa de projecto 4 **(b)**.

7 Correntes litorais

No trecho de costa que poderá eventualmente ser alvo da influência das obras propostas, tal como acontece na generalidade da costa portuguesa, o agente determinante na movimentação e equilíbrio sedimentar é a agitação marítima. Por essa razão é de fundamental importância uma análise da propagação da agitação que permita caracterizar a situação actual e prever qual será o comportamento do sistema após a construção das estruturas.

A linha de costa nesta zona é caracterizada pela existência de praias relativamente bem desenvolvidas, como é o caso da praia de Angeiras, entrecortadas pela ocorrência de afloramentos rochosos que funcionam como pontos de fixação. No caso específico da praia de Angeiras podem referir-se dois afloramentos importantes: um no limite sul, que a separa da praia da Agudela, e outro na zona onde se pretende construir o esporão.

A análise dos padrões da agitação no local permite verificar que estes afloramentos rochosos apresentam uma forte influência na propagação da agitação. Como consequência, as correntes litorais calculadas para a situação de referência apresentam duas inversões do transporte geral Norte-Sul junto a cada um destes afloramentos (*cf. Figura 16*) fazendo com que a praia de Angeiras apresente um comportamento típico de uma praia encaixada.

Os padrões calculados para as correntes, apesar das formas complexas e das inversões locais referidas, parecem estar em concordância com as direcções das ondas que se podem observar igualmente na Figura 16.

A análise dos resultados permitiu concluir no estudo anterior que a construção de uma obra de protecção do tipo previsto, terá como resultado principal a interrupção da corrente que se desenvolve para sul junto à zona de enraizamento das obras, tendo-se mostrado que as diferenças calculadas entre as diferentes soluções de projecto e a situação de referência são, em todos os casos, de pequena magnitude e muito confinadas ao próprio local das obras.

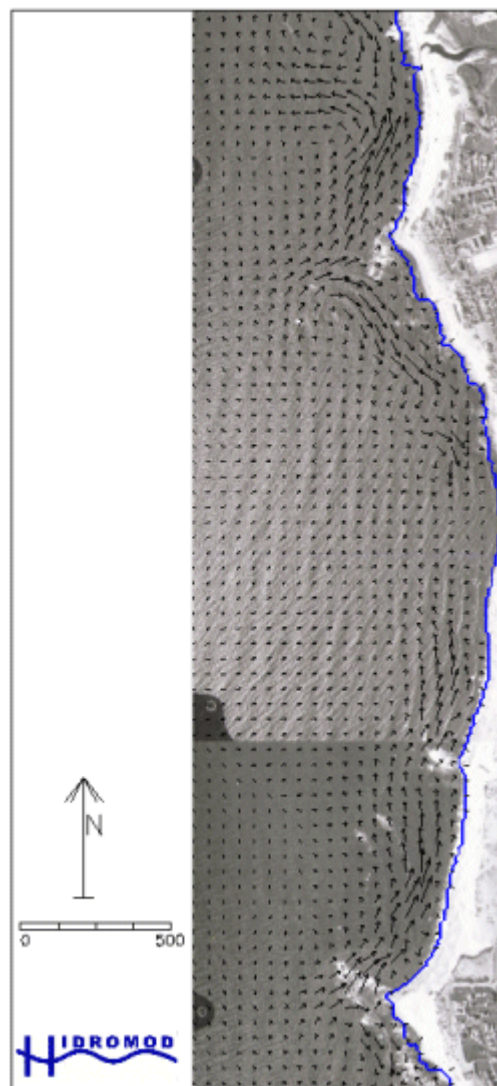


Figura 16: Sobreposição das correntes calculadas pelo modelo com um campo de ondas observado no local.

No âmbito do presente estudo, tal como referido foram efectuadas simulações das correntes litorais e do transporte de areias para 3 condições de agitação tendo por base a nova solução de projecto proposta. Os resultados obtidos (*cf. Figura 17 a Figura 25*) mostram que, tal como seria de esperar em função da pequena diferença entre a solução de projecto 4 e a variante agora proposta, que as conclusões anteriormente avançadas permanecem inteiramente válidas para a nova variante.

Como se pode observar nas Figuras, as diferenças calculadas entre a solução de projecto 4 e a variante agora proposta são de menor importância não ultrapassando em qualquer caso os 5 cm/s.

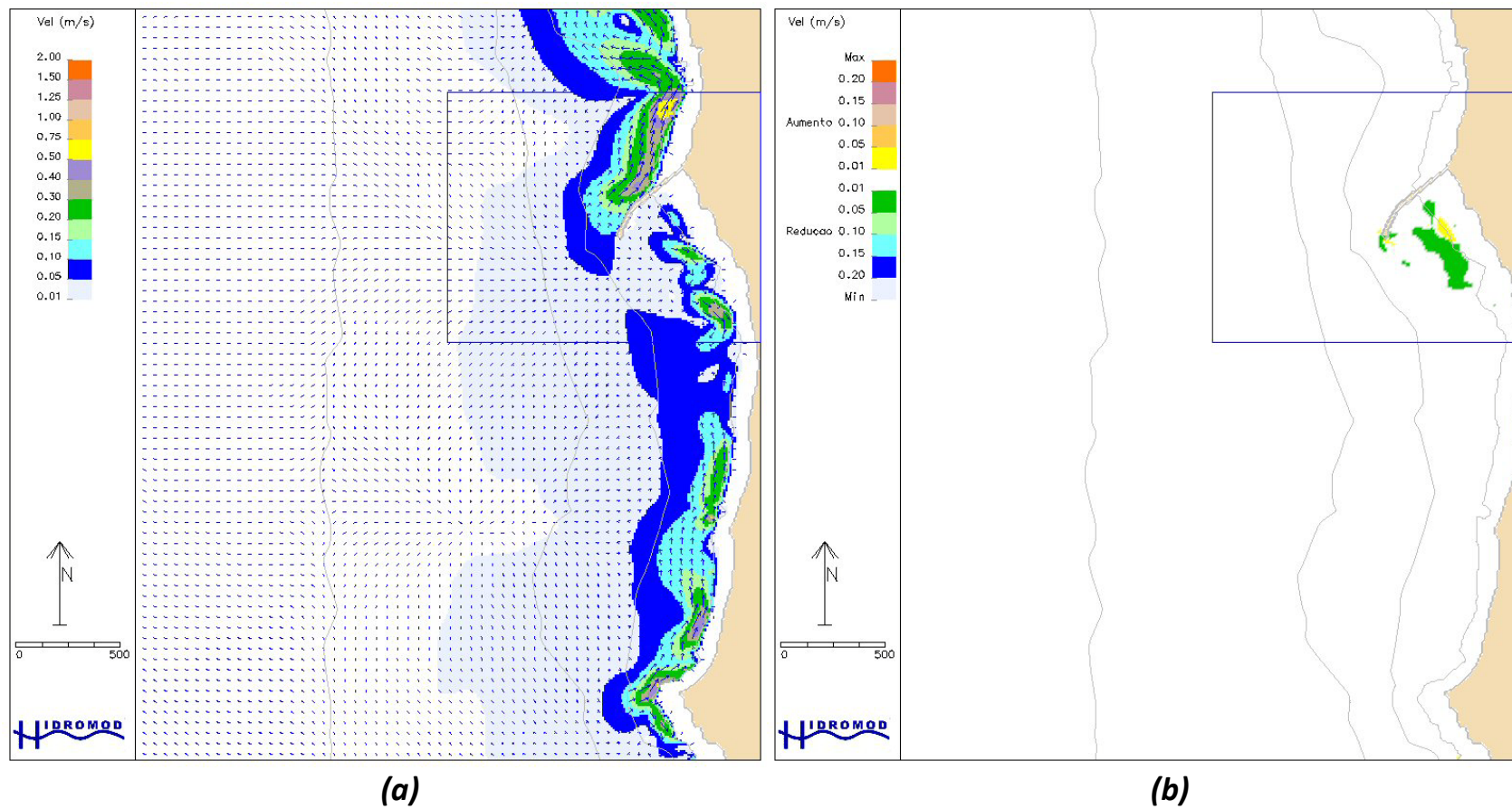


Figura 17: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

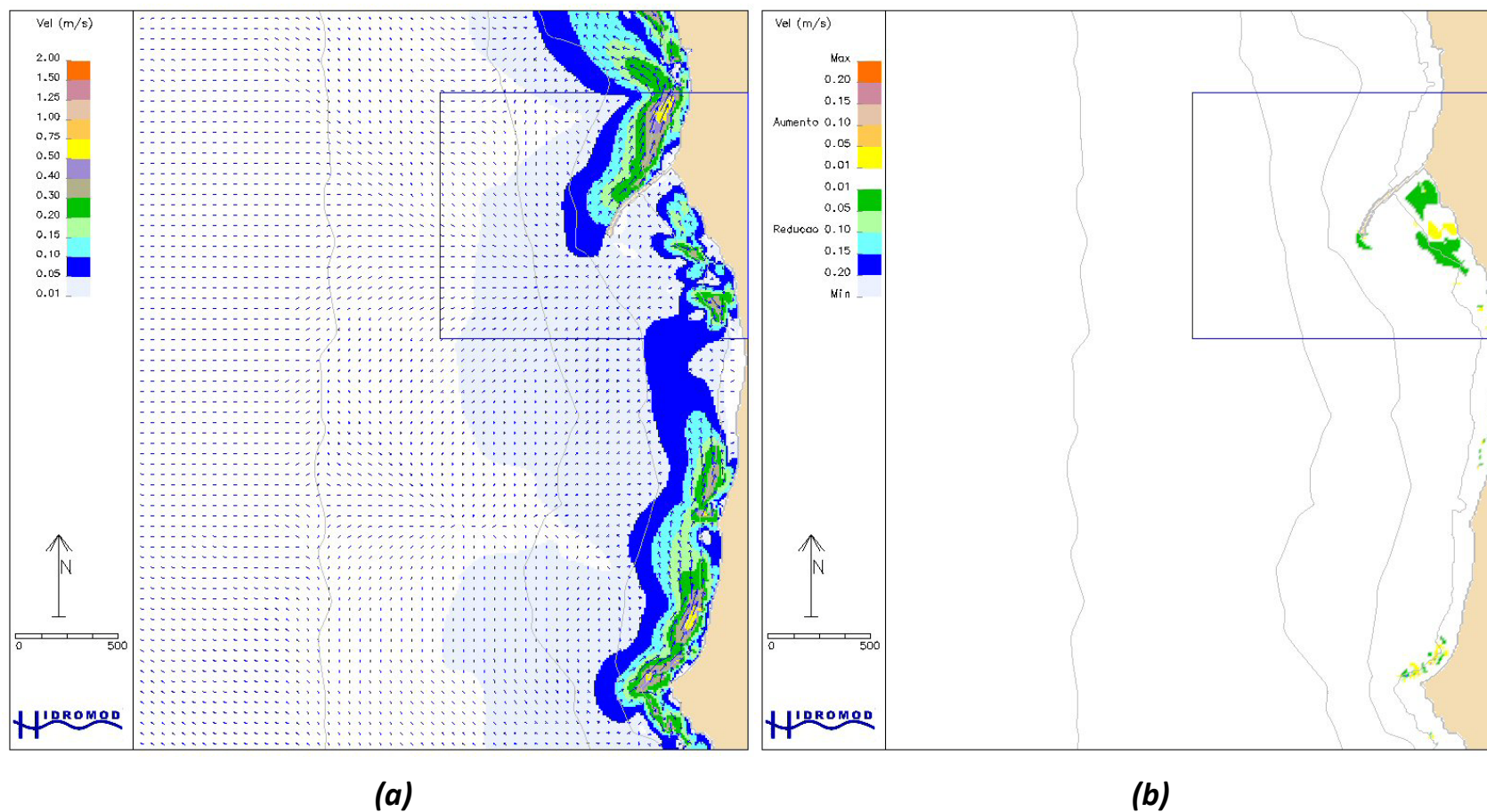


Figura 18: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

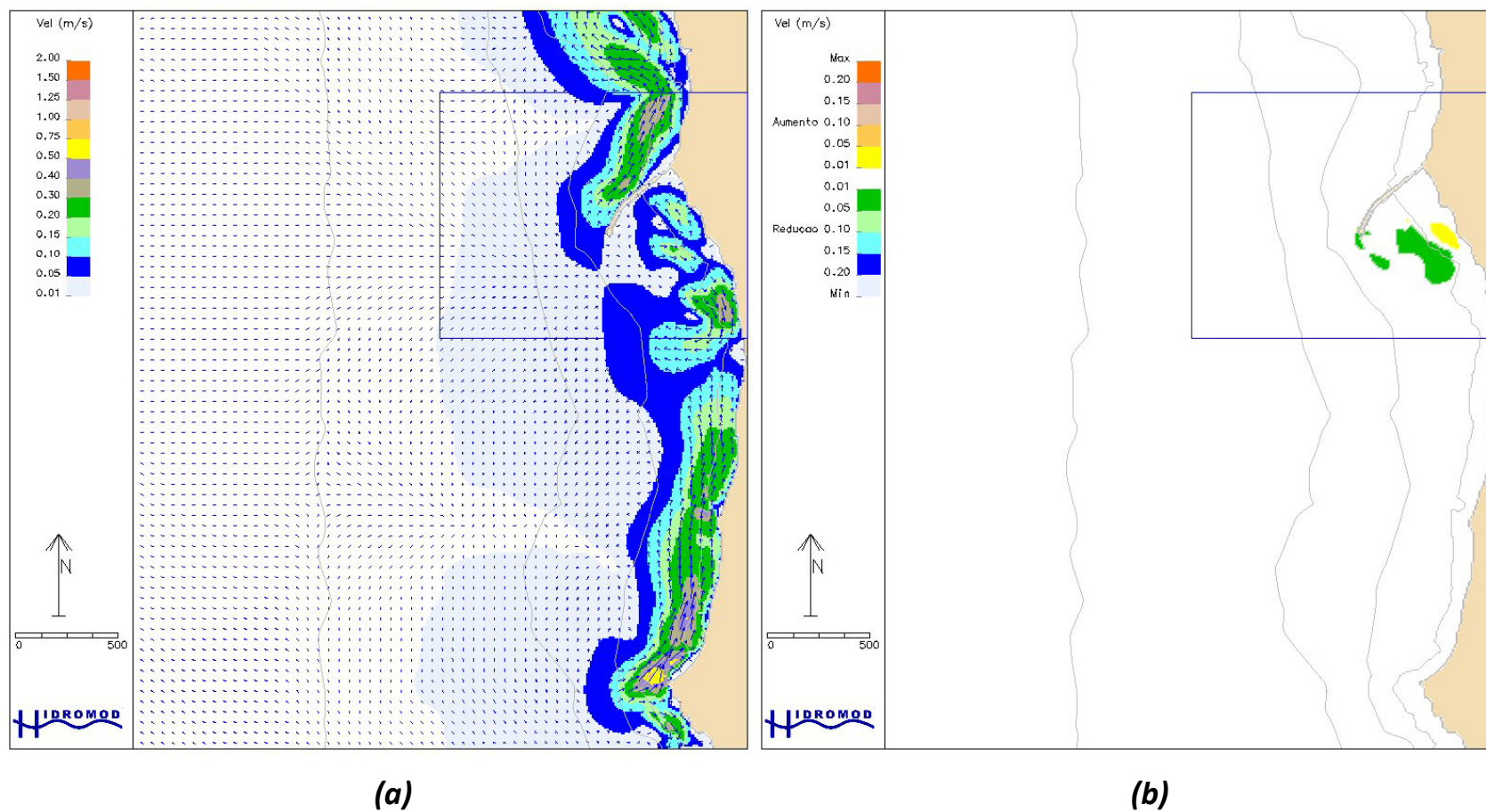
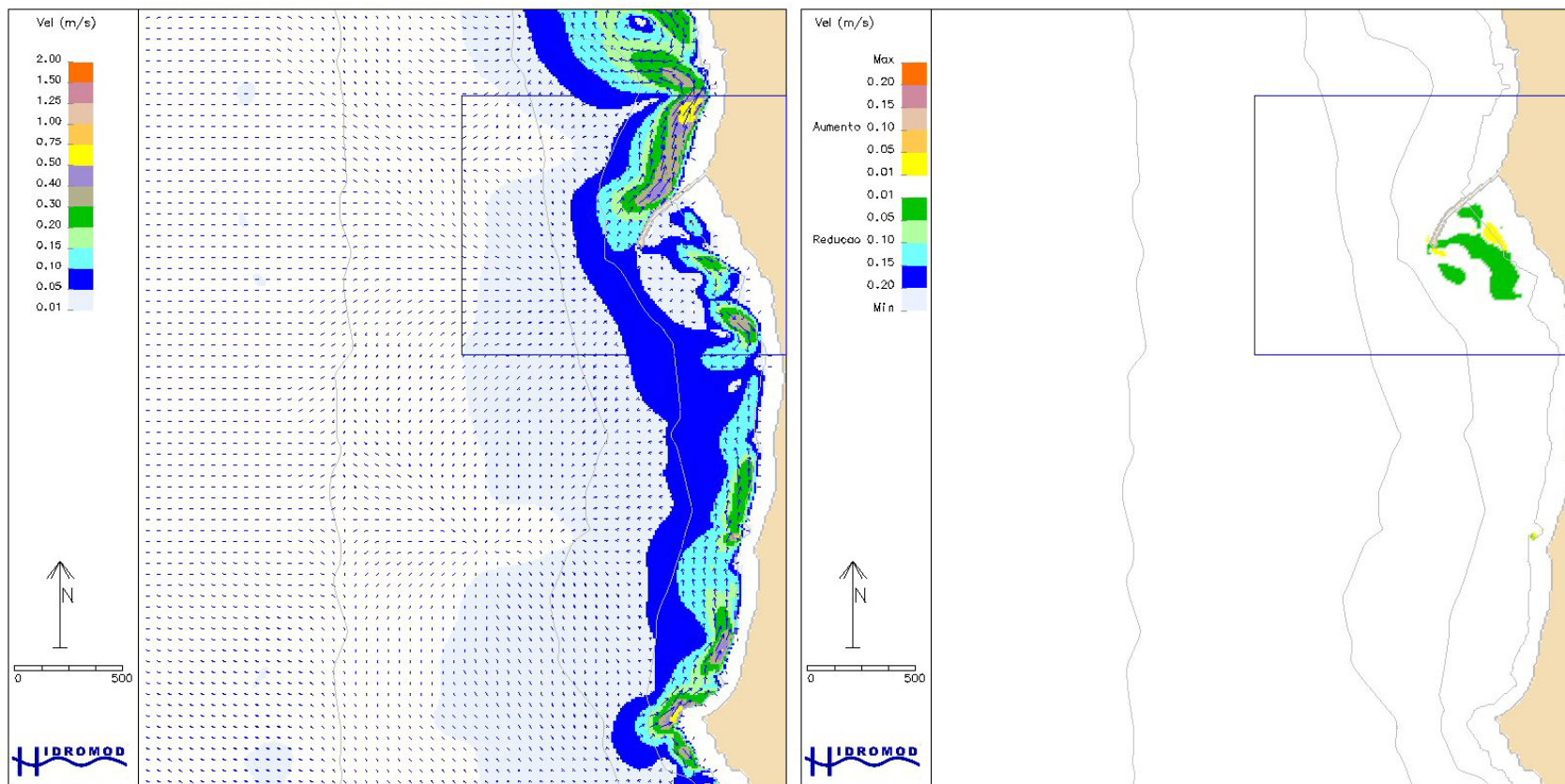


Figura 19: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de W40N, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).



(a)

(b)

Figura 20: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

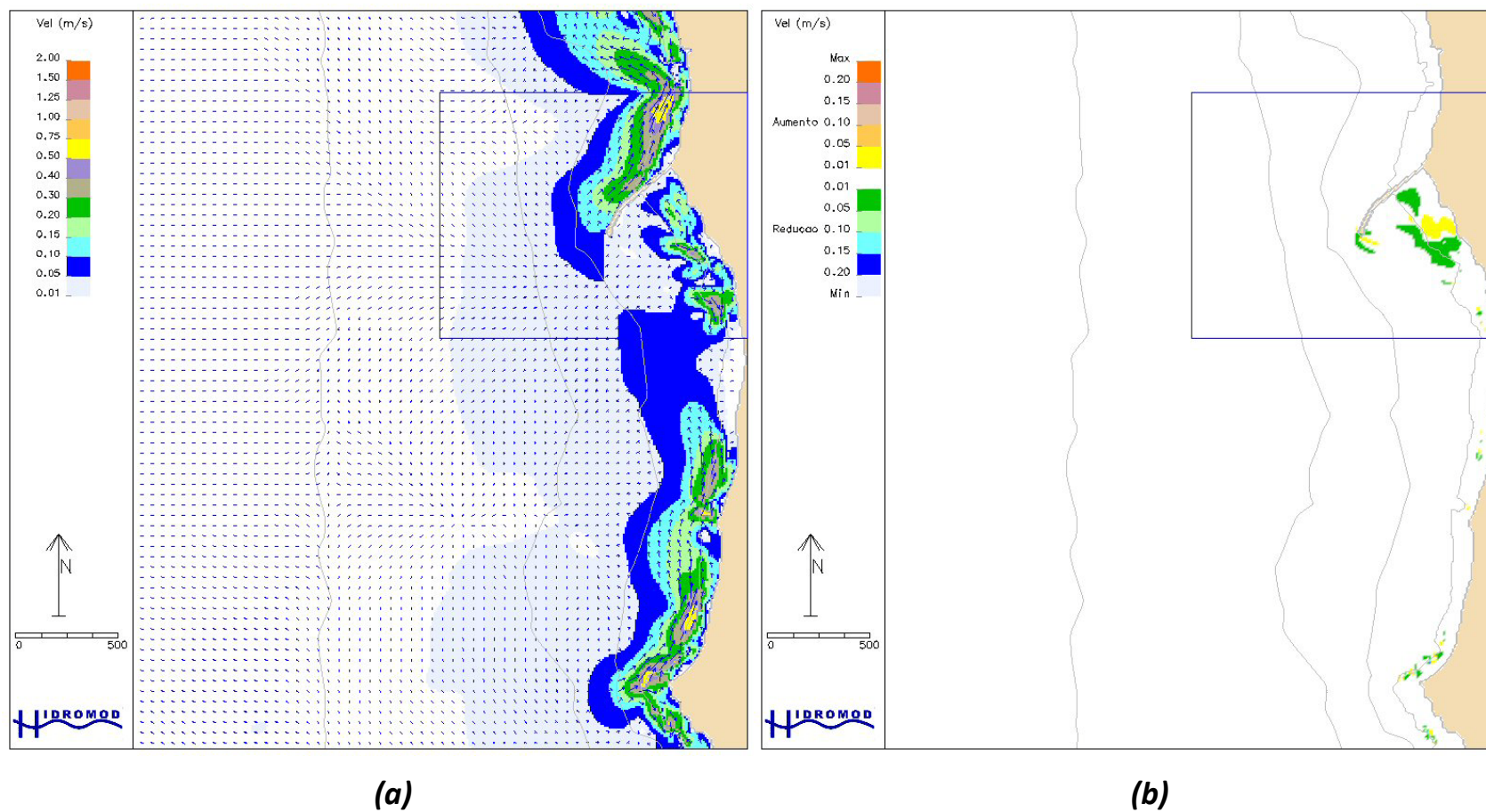


Figura 21: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

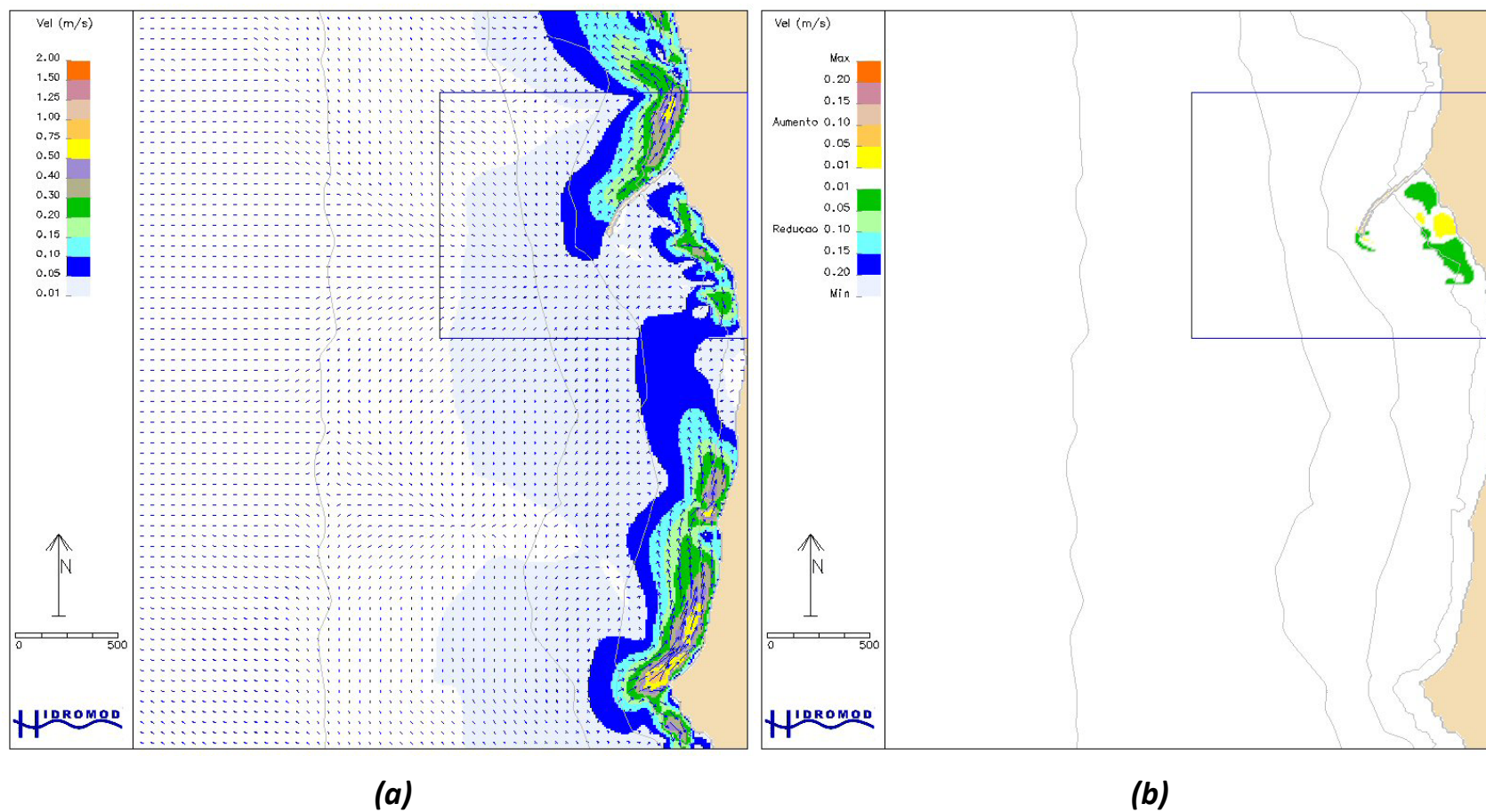
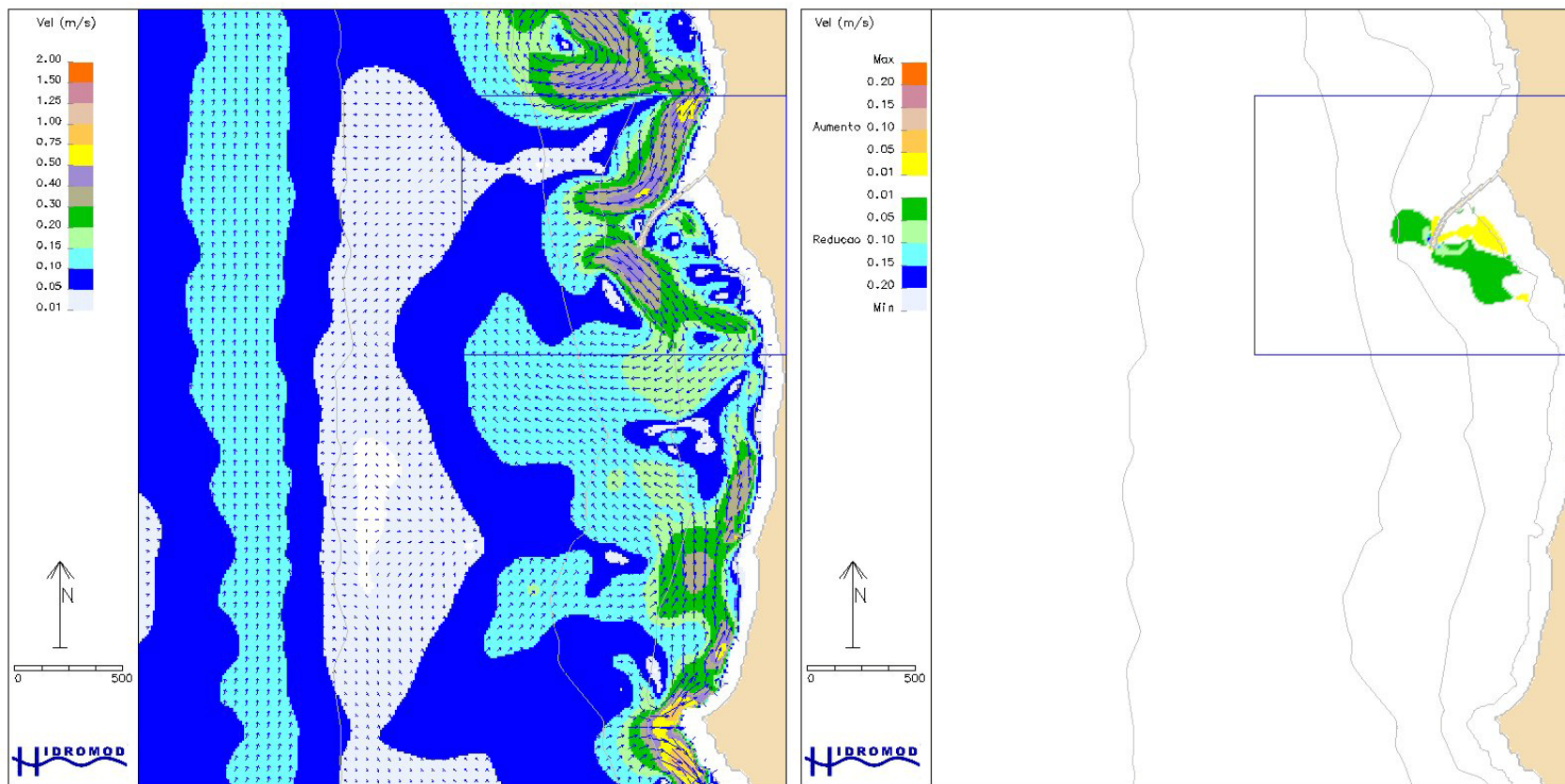


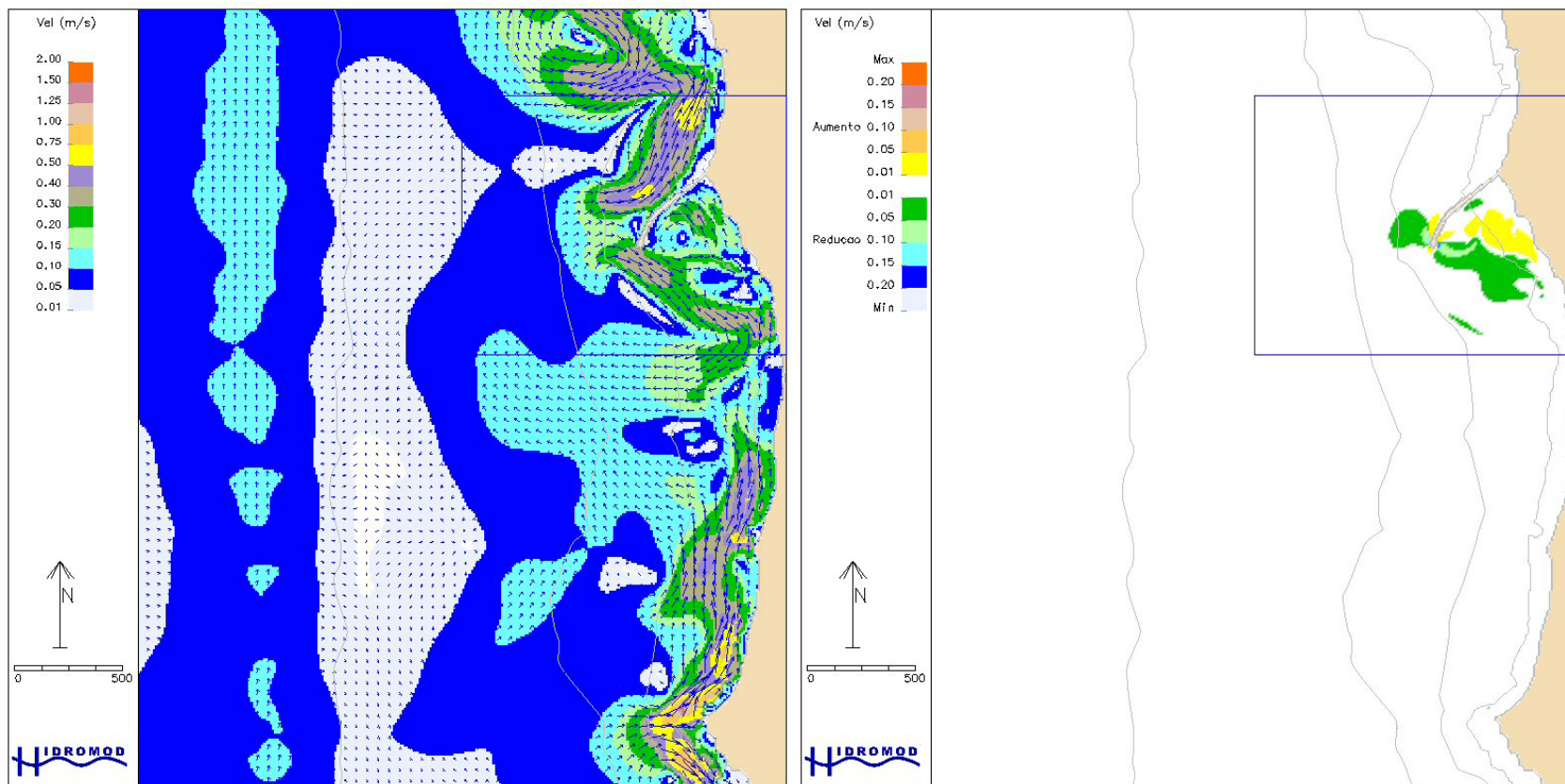
Figura 22: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 1.5$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).



(a)

(b)

Figura 23: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 1.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).



(a)

(b)

Figura 24: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

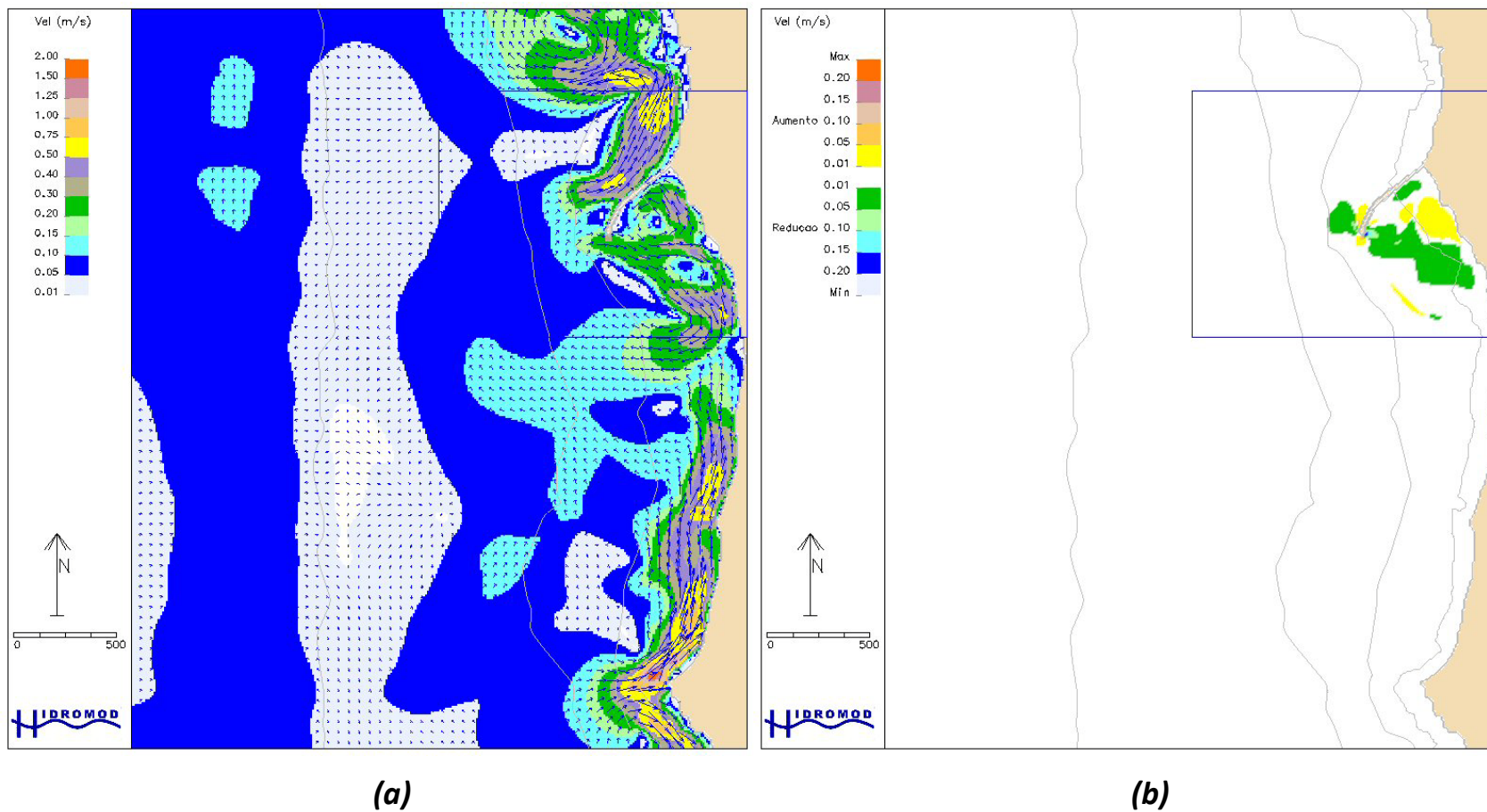


Figura 25: Correntes litorais produzidas por um clima de agitação com uma direcção predominante de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 3.0$ m considerando a nova variante de projecto (a) e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada (b).

8 Transporte de areias

A análise das tendências de transporte, efectuada com base no módulo SEDTRAN do sistema MOHID, teve por objectivo tentar mostrar um resultado integrado da actuação dos padrões de correntes calculados anteriormente.

A avaliação dos impactes das obras sobre as correntes litorais e consequentemente sobre os processos de transporte constitui um dos aspectos mais importantes a ter em consideração dadas as implicações que eventuais alterações no trânsito sedimentar poderão ter sobre a zona costeira a sotamar. No trabalho anterior foram discutidas as incertezas associadas a este tipo de cálculo e as implicações que essas incertezas têm na análise dos resultados. Da análise então apresentada justificou-se a razão de apenas se apresentarem resultados exemplificativos para a situação mais energética simulada.

De acordo com a fundamentação apresentada no estudo anterior conclui-se que seria de prever a ocorrência de uma redução do trânsito sedimentar para Sul. A avaliação da importância efectiva desta redução não foi no entanto quantificada já que dependerá da forma como se processa actualmente o transporte ao longo do perfil e dos volumes efectivamente em jogo, para os quais os dados disponíveis são bastante limitados.

Em qualquer dos casos, tal como seria de esperar, em função dos resultados apresentados no capítulo anterior para as correntes litorais, não são previsíveis impactes significativamente diferentes nos processos de transporte entre a construção da solução de projecto 4 e a nova variante proposta (*cf. Figura 26*).

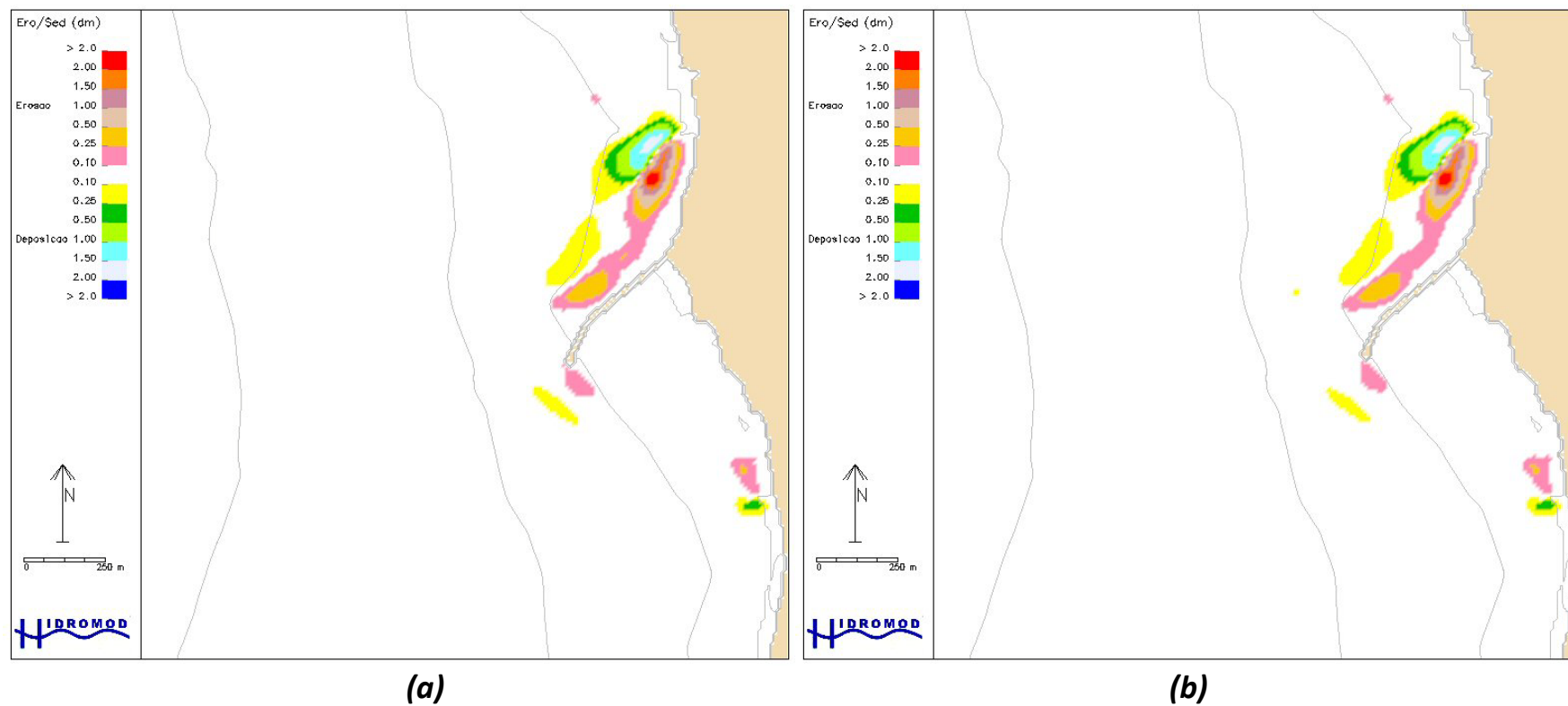


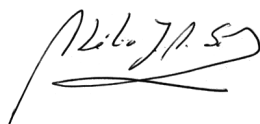
Figura 26: Tendências iniciais de transporte para condições de agitação caracterizadas por ondas provenientes de WNW, $H_s = 4.0$ m, $T_p = 12$ s e $Z_0 = 2.0$ m considerando a nova variante de projecto **(a)** e diferenças para a solução 4 anteriormente estudada **(b)**.

9 Conclusões

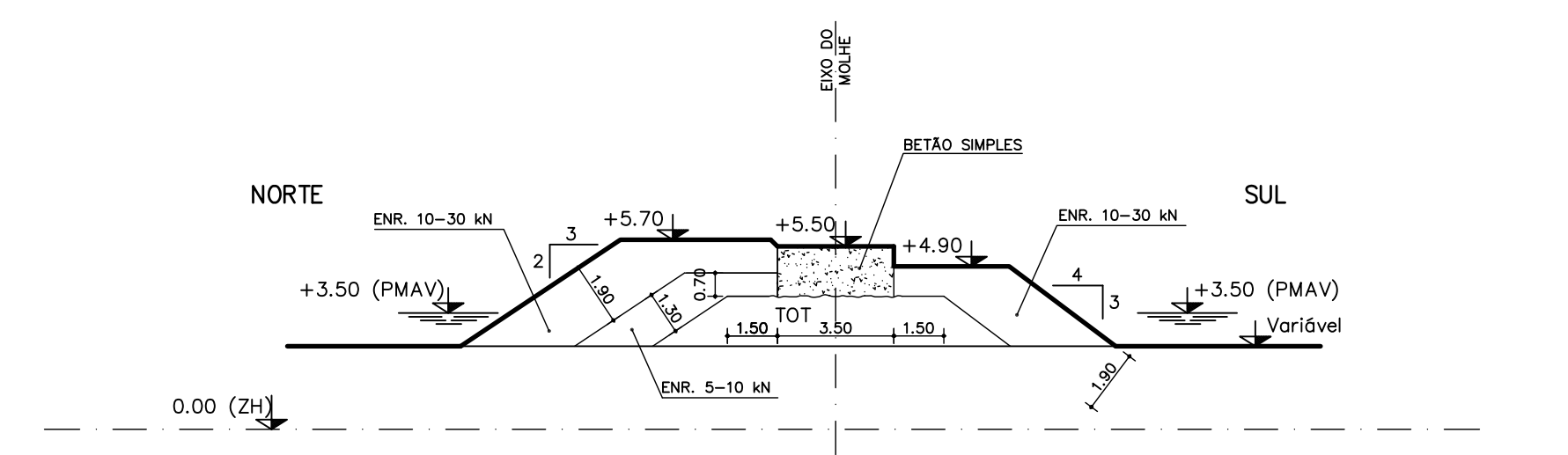
No presente relatório são apresentados os resultados das simulações de propagação de agitação e de dinâmica litoral para uma variante à solução de projecto 4 considerada no âmbito do projecto para construção de uma obra marítima de abrigo em Angeiras.

Os resultados obtidos indiciam que a variante agora ensaiada não terá um comportamento substancialmente diferente das alternativas anteriormente estudadas. Especificamente em relação à solução de projecto 4, da qual pode ser considerada uma variante, verifica-se que o aumento proposto do quebra-mar se reflecte num ligeiro aumento do abrigo para os rumos rodados a Norte.

Em relação aos impactes na dinâmica litoral não se prevê que o incremento de comprimento proposto se possa reflectir de forma significativa nalgum tipo de agravamento relativamente aos impactes já previstos para a construção da solução de projecto 4. As simulações efectuadas mostram que o prolongamento da estrutura de abrigo apenas induzirá alterações mínimas nos campos de velocidades com impactes muito pouco significativos na alteração dos padrões de transporte em relação ao que aconteceria com a adopção da solução de projecto 4.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adélio J. R. Silva', with a stylized flourish at the end.

Adélio J. R. Silva

[illegible][illegible]

-	-	-	-	-	-
REVISÃO	POR	DATA	DESCRIÇÃO		VISTO
PROJECT.	JSL	Fev. 2010	INSTITUTO MARÍTIMO-PORTUÁRIO PLANO DE INTERVENÇÃO NA ZONA PISCATORIA DE ANGEIRAS E PROJECTO DE UMA OBRA MARÍTIMA DE ABRIGO FASE 2		 
DESEN.	SVS	Fev. 2010			
CÓPIQU					
VERIF.	LAL	Fev. 2010			
APROV.	LAL	Fev. 2010			
ESTUDO PRÉVIO			DESENHO Nº		0.905.04_EP_HM_003_0 3
ESCALAS:			OBRA MARÍTIMA DE ABRIGO IMPLANTAÇÃO GERAL E PERFIS TIPO SOLUÇÃO ALTERNATIVA 5		SUBSTITUI: SUBSTITUIDO POR:
1: 1000					
1: 200					

