

Quadro 4 – Condições de agitação marítima (valores de protótipo).

		1ª Fase		2ª Fase
H_s (m)		1,5	2,0	3,0
T_P (s)				
10		X	X	X
12		X	X	X
14		X	X	X
16		X	X	X
18		X	X	X
20				X

Na primeira fase do estudo, os testes foram realizados com uma profundidade de água junto ao cais igual a 18 m (protótipo), que corresponde sensivelmente ao nível médio do mar, enquanto nos testes referentes à segunda fase se considerou uma profundidade de 20 m (protótipo), que corresponde sensivelmente ao nível máximo de uma preia-mar de águas vivas.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nota introdutória

As intervenções no sistema de amarração estudadas no âmbito deste trabalho incluíram, quer a modificação da superfície de contacto da defesa com o casco do navio, quer a alteração da condição de pré-tensão nos cabos de amarração. Esta secção visa o estabelecimento de uma metodologia para a avaliação da influência dessas intervenções no comportamento de um navio amarrado no Posto “A” do Terminal de Petroleiros de Leixões e, simultaneamente, a sua fundamentação.

As Figuras 13 e 14 comparam as amplitudes dos vários movimentos do navio amarrado (valores pico-a-pico), para diferentes combinações de defensas (i.e. coeficientes de atrito na interface do casco do navio com a defesa) com condições de pré-tensão nos cabos de amarração.

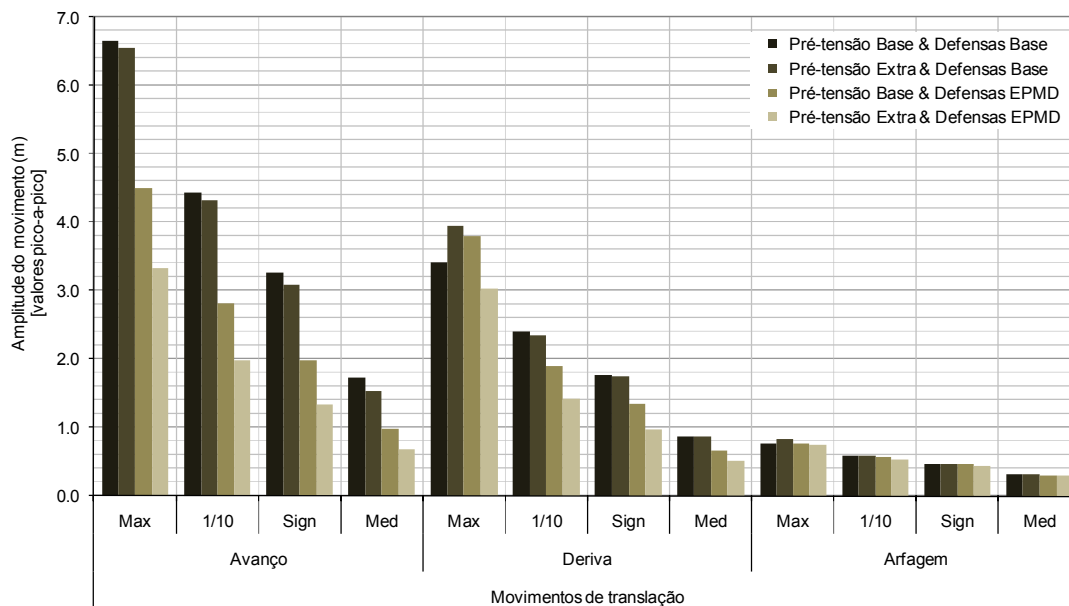


Figura 13 – Amplitudes dos movimentos do navio amarrado no plano horizontal (valores no protótipo), para diferentes combinações de defensas com condições de pré-tensão nos cabos de amarração.

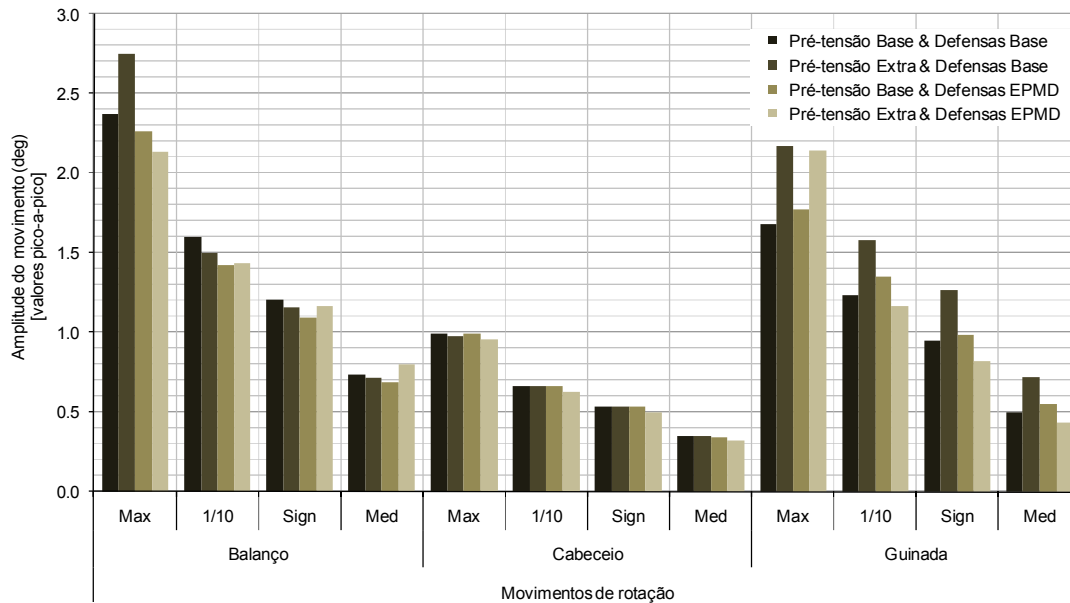


Figura 14 – Amplitudes dos movimentos do navio amarrado no plano vertical (valores no protótipo), para diferentes combinações de defensas com condições de pré-tensão nos cabos de amarração.

Os resultados apresentados referem-se a testes realizados na primeira fase do estudo com estados de agitação irregular, caracterizados por uma altura de onda significativa, H_s , de 2,0 m e um período de onda de pico, T_p , de 14 s, para uma profundidade da água junto ao cais igual a 18 m (protótipo). Para cada um dos movimentos são apresentadas as amplitudes máximas (*Max*), médias do décimo superior (*1/10*), significativas (*Sign*) e médias (*Med*). A contagem das oscilações do navio foi realizada com base na técnica dos zeros descendentes, tomando como referência a posição de repouso do navio amarrado.

Verifica-se que as modificações introduzidas no sistema de amarração têm repercussões, essencialmente, nos modos de oscilação do navio no plano horizontal, i.e., nos movimentos de avanço, deriva e guinada. Os modos de oscilação no plano vertical são menos sensíveis à alteração das características do sistema de amarração, especialmente os modos de arfagem e de cabeceio.

De um modo geral, do aumento do coeficiente de atrito na interface do casco do navio com as defensas e das forças de pré-tensão aplicadas nos traveses, resulta uma redução da amplitude dos vários movimentos do navio amarrado, qualquer que seja a categoria de movimento considerada. No entanto, os resultados apresentados nas Figuras 14 e 15 (que servem de exemplo) mostram algumas exceções, essencialmente, segundo os modos de balanço e de guinada.

A amplitude máxima da oscilação refere-se, por definição, à máxima oscilação pico-a-pico registada, segundo um determinado modo de oscilação do navio, durante a duração do teste. Trata-se, portanto, de um parâmetro extremo, que se poderá relacionar com as condições-limite de segurança de um navio amarrado. Em condições normais de utilização, a atenção estará centrada, essencialmente, na eficiência e na segurança das operações de carga e descarga do navio. Nestes casos, poderá justificar-se a adopção de um parâmetro mais representativo das oscilações do navio amarrado, no qual a importância de oscilações individuais (extremas) se possa diluir na média da amplitude das oscilações acima de uma determinada oscilação de referência.

Um parâmetro do tipo referido poderá também ser o mais adequado nas situações em que se pretende fazer uma análise comparativa da eficácia de diferentes intervenções no sistema de amarração, como é o caso da presente comunicação. Assim, a análise da influência do coeficiente de atrito na interface do casco do navio com as defensas no comportamento de um navio amarrado, para duas condições de pré-tensão, é efectuada tendo por base a amplitude



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

significativa das oscilações do navio amarrado (definida como a média do terço superior das amplitudes pico-a-pico dos movimentos do navio).

Importa ainda referir que a análise das séries temporais dos movimentos do navio amarrado mostrou que, em algumas situações, o parâmetro amplitude máxima da oscilação dependia significativamente da metodologia de contagem de oscilações utilizada, i.e., se se tratava da técnica dos zeros ascendentes ou descendentes. Esta constatação contribuiu também para a escolha efectuada.

Nesta comunicação dá-se especial atenção aos movimentos que, de acordo com Bruun, 1983, citado por Rita, 1995, são mais importantes para a segurança e para a eficiência das operações portuárias que têm lugar num terminal de petroleiros. Esses movimentos são o avanço, a deriva e a guinada, i.e., os movimentos do petroleiro no plano horizontal. Deste conjunto, a guinada será, provavelmente, o menos condicionante, uma vez que os braços de (des)carga estão instalados na zona central do Posto "A" e, usualmente, as válvulas de (des)carga do navio situam-se, sensivelmente, a meio-navio.

4.2 *Primeira fase do estudo em modelo físico*

Nesta secção analisa-se a influência do coeficiente de atrito na interface do casco do navio com as defensas, e do aumento da força de pré-tensão nos traveses, no comportamento de um navio amarrado no Posto "A" do Terminal de Petroleiros de Leixões, com base em resultados da primeira fase do estudo em modelo físico. A Figura 15 compara a redução da amplitude significativa dos movimentos do navio, no plano horizontal, de três combinações de coeficientes de atrito com forças de pré-tensão nos cabos de amarração, em relação a uma condição de referência. Nessa condição, as forças iniciais nos cabos de amarração são as correspondentes à condição de pré-tensão base, e simulam-se defensas com um baixo coeficiente de atrito na interface com o casco do navio. Os resultados são apresentados em função do período de pico da agitação marítima, e para duas alturas de onda significativas.

Uma análise global dos resultados apresentados permite constatar que a combinação de defensas com um coeficiente de atrito elevado com um aumento das forças de pré-tensão nos traveses, é a que conduz a reduções mais expressivas das amplitudes significativas dos movimentos do navio no plano horizontal. Por outro lado, um aumento da pré-tensão nos traveses, em conjunto com defensas de baixo coeficiente de atrito, conduz a resultados mais modestos. Nas condições em que o estudo foi efectuado, a simples substituição das defensas base por defensas de elevado coeficiente de atrito revelou-se mais eficaz, na redução da amplitude significativa dos movimentos do navio, do que o aumento das forças de pré-tensão nos traveses, com defensas de baixo atrito instaladas no cais. Tendo em conta o referido, o aumento da pré-tensão nos traveses conduz a melhores resultados quando as defensas instaladas no cais apresentam um coeficiente de atrito elevado na interface com o navio.

Nesse aspecto, e pondo de parte questões relacionadas com a reflectividade, as defensas pneumáticas instaladas no Posto "A", ao proporcionam um coeficiente de atrito muito elevado na interface com o casco do navio, são uma solução adequada quando se pretende minimizar os movimentos do navio amarrado (especialmente o avanço). Adicionalmente, melhorarão a eficácia de um hipotético aumento da pré-tensão nos cabos de amarração do navio. Outras soluções comerciais (e.g. defensas do tipo cónico), com um comportamento comprovadamente menos reflectivo, podem apresentar como inconveniente a necessidade da sua utilização em associação com painéis frontais de baixo atrito, destinados a minimizar os esforços de corte nestes elementos.

Dos movimentos do navio no plano horizontal, o avanço é aquele cuja amplitude é mais fortemente reduzida com as alterações operadas no sistema de amarração (em relação à condição de referência). Quando se recorre à utilização de defensas de elevado coeficiente de atrito, em combinação com um aumento das forças de pré-tensão nos traveses, a redução da amplitude significativa dessa oscilação situa-se, grosso modo, entre 50 e 75%, com a maior redução a ocorrer para os períodos de onda de pico mais baixos.

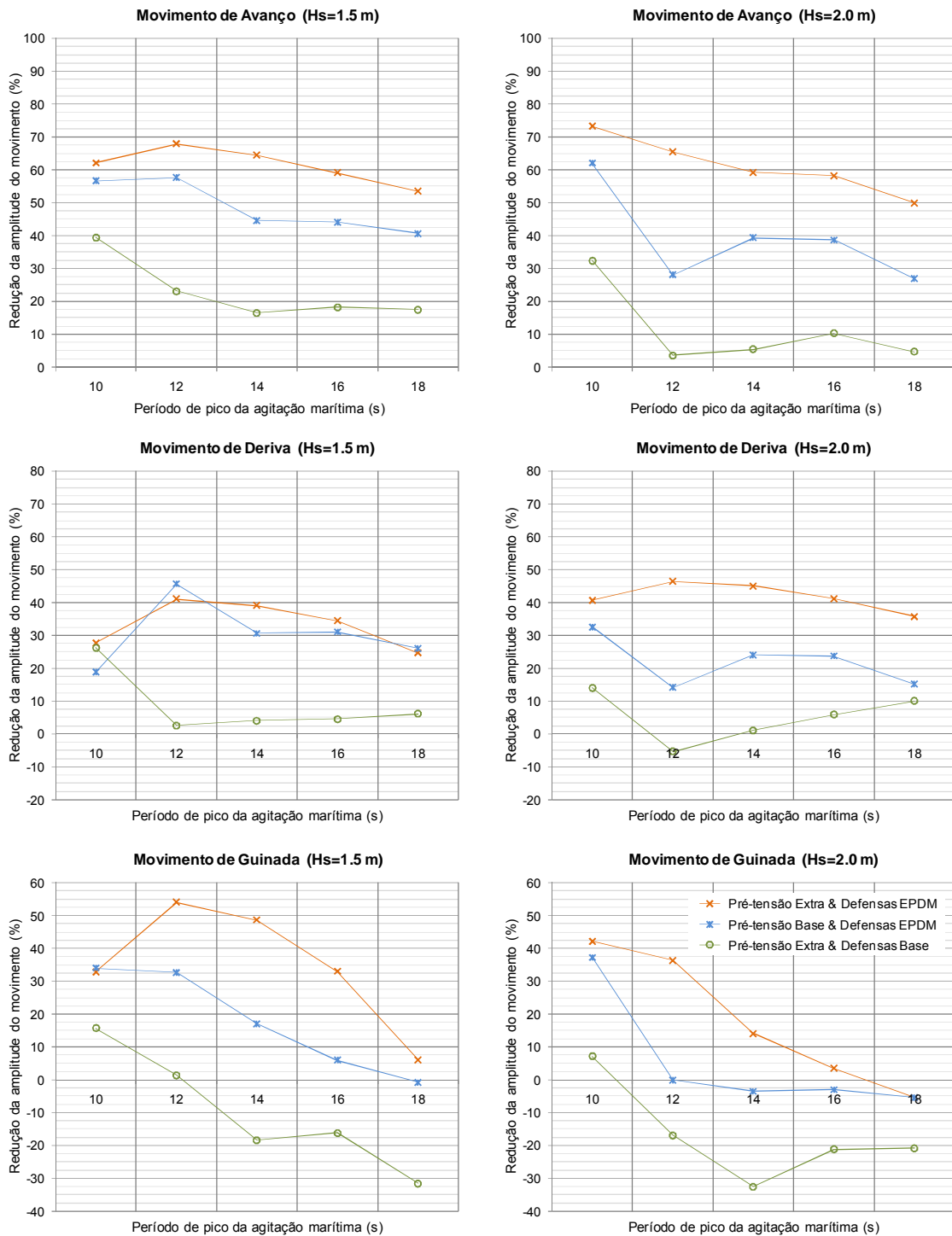


Figura 15 – Redução da amplitude significativa dos movimentos do navio no plano horizontal, para diferentes intervenções no sistema de amarração, e em relação a uma condição de referência.

De um modo geral verifica-se uma tendência de decréscimo da redução da amplitude da oscilação com o aumento do período de onda de pico, qualquer que seja o modo de oscilação e a modificação introduzida no sistema de amarração. No entanto, observam-se algumas exceções a esta tendência geral para o período de 10 s, mais evidentes nos modos de deriva e de guinada, nos testes realizados para uma altura de onda significativa igual a 1.5 m. Estes resultados deverão estar relacionados com as pequenas amplitudes dos movimentos



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

experimentados pelo navio amarrado para as condições de teste referidas, que diminuem a margem para a sua redução, Quadro 5.

Quadro 5 – Amplitudes significativas dos movimentos de deriva e de guinada, para diferentes características do sistema de amarração. Testes com $H_s = 1.5$ m (valores de protótipo).

T_p (s)	Deriva		Guinada	
	10	12	10	12
Referência	0.322	0.632	0.234	0.442
PT-E & DF-B	0.237	0.616	0.197	0.436
PT-N & DF-EPDM	0.261	0.343	0.154	0.298
PT-E & DF-EPDM	0.232	0.373	0.157	0.203

PT-E – Condição pré-tensão Extra;
PT-N – Condição pré-tensão Normal;
DF-B – Defensas base, i.e., com recobrimento em polietileno;
DF-EPDM – Defensas com recobrimento em EPDM.

Outra constatação interessante reside no facto de a redução da amplitude significativa dos movimentos de avanço e de deriva, para a condição de pré-tensão extra e defensas de baixo atrito, diminuir acentuadamente na transição do período de 10 para 12 s. A partir dos 12 s, verifica-se uma tendência para uma variação da redução da amplitude do movimento mais suave com o aumento período de onda de pico. Este comportamento parece indicar que, a partir do momento em que as forças de atrito desenvolvidas na interface do navio com as defensas são vencidas, a contribuição do aumento das forças de pré-tensão nos traveses para a redução dos movimentos do navio amarrado se reduz consideravelmente.

Para a oscilação de guinada, os efeitos positivos associados, quer à utilização de defensas com um coeficiente de atrito elevado, quer ao aumento da pretensão nos traveses, tendem a diminuir mais rapidamente com o aumento do período de pico da agitação marítima. Na situação mais extrema, condição de pré-tensão base e defensas de baixo atrito, para períodos de onda superiores a 10 s, verifica-se um agravamento dessas oscilações que pode ultrapassar os 30%. Estes resultados verificam-se, quer para alturas de onda significativas de 1,5 m, quer de 2,0 m. Quando se utilizam defensas de atrito elevado, continua a ocorrer uma expressiva diminuição da redução da amplitude significativa da guinada em relação à condição de referência. No entanto, no pior dos casos, o agravamento dessa oscilação é inferior a 5%.

O agravamento das oscilações do navio, por efeito das intervenções realizadas no sistema de amarração, não ocorre apenas para o modo de guinada. No entanto, e tal como se referiu anteriormente, esta comunicação centra-se, exclusivamente, na análise das repercussões dessas intervenções nos movimentos do navio plano horizontal.

4.3 Segunda fase do estudo em modelo físico

Os resultados da segunda fase do estudo em modelo físico são apresentados na Figura 16. Esta figura compara as reduções da amplitude significativa dos movimentos do navio (no plano horizontal) de três combinações de coeficientes de atrito com forças de pré-tensão nos cabos de amarração, em relação a uma condição de referência. Tal como na primeira fase, nessa condição, as forças iniciais nos cabos de amarração são as correspondentes à condição de pré-tensão base, e simulam-se defensas com um baixo coeficiente de atrito na interface com o casco do navio. Os resultados são apresentados em função do período de pico da agitação marítima, e para uma altura de onda significativa de 3.0 m (no exterior do porto).

Uma análise global dos resultados obtidos com o segundo modelo físico (mais próximo da realidade física) permitir tecer algumas das considerações já apresentadas aquando da análise dos resultados da primeira fase do estudo. De facto, a utilização de defensas com um

coeficiente de atrito elevado, em combinação com um aumento das forças de pré-tensão nos traveses, conduz a importantes reduções das amplitudes significativas dos movimentos do navio no plano horizontal. Segundo o movimento de avanço, essa redução situa-se, grosso modo, entre 55 e 75%, e diminui com o aumento do período de onda de pico. Para o movimento de deriva, a redução é menos significativa, podendo, no entanto, atingir 45% para os períodos de onda mais elevados. Segundo o modo de guinada, os resultados obtidos são modestos, com a redução da amplitude dessa oscilação a situar-se sempre abaixo dos 30%.

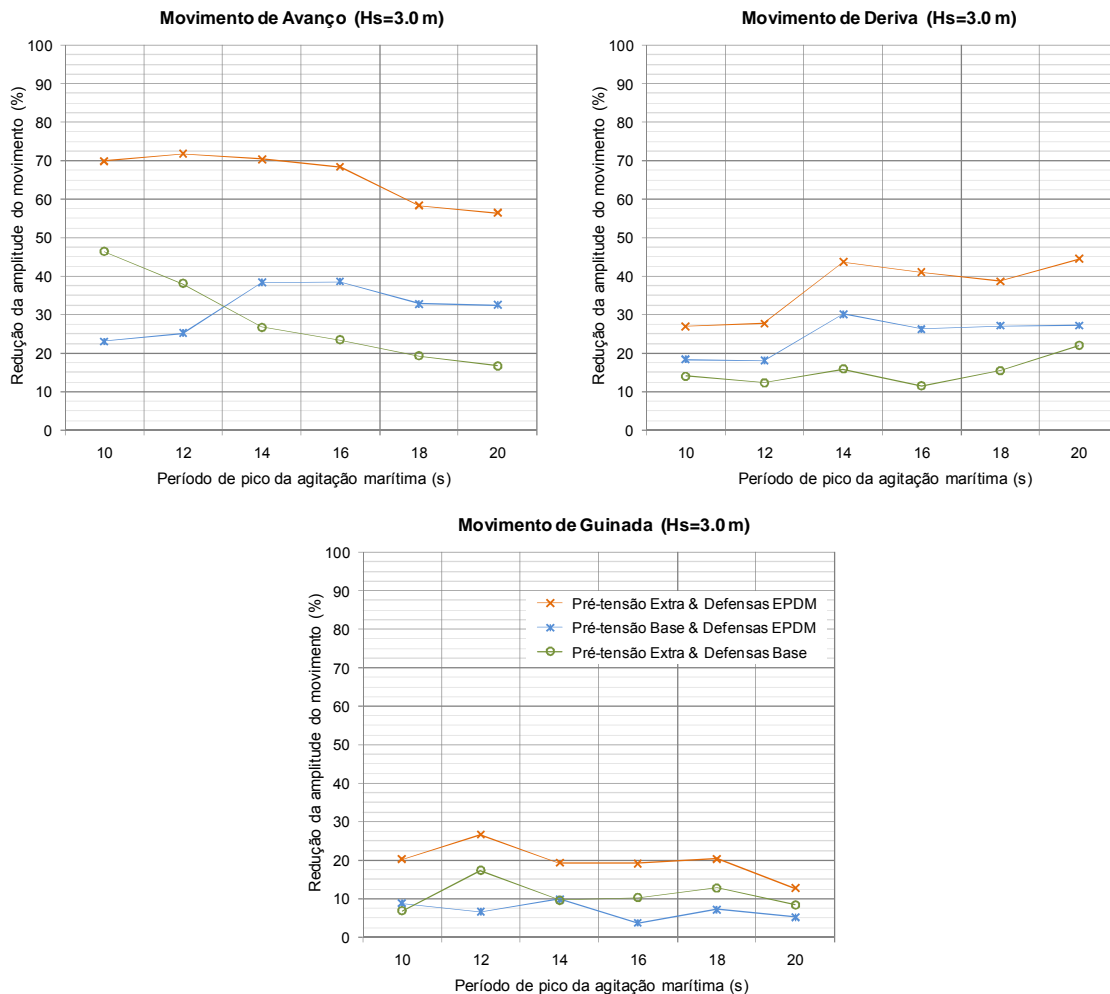


Figura 16 – Redução da amplitude significativa dos movimentos do navio no plano horizontal, para diferentes intervenções no sistema de amarração, e em relação a uma condição de referência.

No entanto, uma análise mais pormenorizada dos resultados apresentados na Figura 16 permite constatar algumas diferenças relativamente à primeira fase do estudo em modelo físico. Segundo o modo de avanço, e para períodos de onda de pico até 12 s, observam-se melhores resultados com a condição de pré-tensão extra e defensas base, que com a condição de pré-tensão base e defensas em EPDM. A partir desse período de onda, a situação inverte-se, e os resultados passam a estar em consonância com os da primeira fase do estudo. Para o modo de deriva, observa-se uma tendência generalizada para os resultados das intervenções no sistema de amarração melhorarem com o aumento do período de pico da agitação.

Apesar de as duas fases do estudo terem sido realizadas com o modelo físico do navio amarrado à estrutura de acostagem com sistemas de amarração de características idênticas, e calibrado para a mesma condição de carga, as características da agitação na zona do Posto “A” alteraram-se substancialmente. Enquanto na primeira fase o modelo foi testado sob a



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

acção de ondas de crista longa de vante (i.e. com uma direcção de propagação colinear com o eixo longitudinal central do navio), na segunda fase, as características da agitação na zona do cais são o resultado da difracção da agitação em torno da cabeça do quebramar Norte de Leixões, e de reflexões no talude exterior do molhe Sul, na praia de Matosinhos, e noutras fronteiras do domínio ensaiado.

Tendo por base o referido, e uma vez que não existe nenhuma acção externa importante a actuar na direcção transversal, poderá admitir-se que uma parcela significativa da oscilação de deriva do navio registada na primeira fase do estudo seja o resultado da assimetria do *layout* de amarração. Ou seja, face a movimentos longitudinais de grande amplitude, quando o navio se desloca no sentido da popa (sentido negativo do movimento de avanço), verifica-se que os lançantes de proa e a regeira da popa tendem a puxar o navio contra as defensas, por acção da componente transversal das forças aplicadas nestes cabos de amarração. A reacção elástica das defensas tende a afastar o navio do cais, dando origem a oscilações de deriva e, eventualmente, de guinada, ambas de amplitude considerável. Quando o navio se desloca no sentido da proa verifica-se o mesmo fenómeno, mas desta vez com os lançantes de popa e a regeira de proa a puxarem o navio contra as defensas. Nesta descrição simplista do comportamento do navio amarrado, torna-se claro que o atrito nas defensas assume um papel de destaque, uma vez que o navio está em contacto com as defensas, durante uma parte substancial do tempo. Como se referiu, na movimentação do navio, os próprios cabos de amarração puxam o navio contra as defensas.

Nas condições testadas na segunda fase do estudo, o comportamento do navio amarrado poderá diferir do descrito no parágrafo anterior. Como já se referiu, nesse modelo físico, as condições de agitação na zona de implantação do Posto "A" são substancialmente diferentes das ensaiadas na primeira fase do estudo. As reflexões nas fronteiras do domínio de ensaio, bem como a proximidade do cais a uma fronteira reflectora (intradorso do quebramar Norte de Leixões), podem dar origem a importantes acções externas, que actuarão no modelo do navio segundo uma direcção que é aproximadamente perpendicular ao seu eixo longitudinal central. Isto significa que o navio amarrado poderá experimentar importantes oscilações de deriva sem que estas estejam, necessariamente, associadas a oscilações de avanço de elevada amplitude.

Essas oscilações de deriva originam o afastamento transversal do navio em relação ao cais, reduzindo as forças aplicadas nas defensas. Para oscilações de elevada amplitude, o navio poderá perder, momentaneamente, o contacto com as defensas. Nessas condições, as forças de atrito na interface do navio com as defensas diminuem, ou deixam de existir. Com esta importante força de oposição ao movimento de avanço reduzida, ou mesmo suprimida, o navio amarrado fica mais susceptível de experimentar movimentos nessa direcção. Assim se explica que para períodos de onda de pico baixos, e contrariamente ao observado nos resultados da primeira fase do estudo, o aumento das forças de pré-tensão nos traveses (que favorecem o contacto do navio com as defensas) conduza a melhores resultados que a utilização de defensas com um coeficiente de atrito elevado.

Os resultados apresentados no Quadro 6 corroboram as explicações dadas nos parágrafos anteriores. De facto, na segunda fase do estudo, para movimentos de avanço da mesma ordem de grandeza dos verificados na primeira fase, os quocientes deriva-avanço são mais elevados. Para a condição de pré-tensão extra e defensas em EPDM, esses quocientes podem mesmo ser superiores a 100%, o que significa que a amplitude da oscilação de deriva é superior à amplitude da oscilação de avanço. Importa também referir que uma das causas que está na origem dos elevados quocientes deriva-avanço, nas duas fases do estudo, é a elevada reflectividade das defensas instaladas na estrutura de acostagem.

De um modo geral, a substituição das defensas base por defensas de atrito elevado mostrou-se mais eficaz, na redução da amplitude dos movimentos do navio, que o aumento das forças de pré-tensão nos traveses, com defensas de baixo atrito instaladas no cais. As diferenças mais significativas ocorreram segundo o modo de oscilação de deriva.



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

Quadro 6 – Amplitude significativa da oscilação de avanço, $A_{\text{avanço}}$, e quociente deriva-avanço, Quo, para diferentes combinações de defensas e forças de pré-tensão nos cabos de amarração.

Fase do estudo	T_p (s)	Referência		PT-E & DF-B		PT-N & DF-EPDM		PT-E & DF-EPDM	
		$A_{\text{avanço}}$ (m)	Quo (%)	$A_{\text{avanço}}$ (m)	Quo (%)	$A_{\text{avanço}}$ (m)	Quo (%)	$A_{\text{avanço}}$ (m)	Quo (%)
1 ^a Fase (Hs=1.5m)	10	0.642	50	0.389	61	0.279	94	0.243	96
	12	1.301	49	1.001	62	0.552	62	0.418	89
	14	1.640	52	1.369	60	0.909	65	0.583	90
	16	1.727	53	1.412	62	0.966	65	0.707	85
	18	2.312	46	1.909	52	1.371	57	1.076	74
1 ^a Fase (Hs=2.0m)	10	1.619	35	1.096	45	0.615	62	0.434	78
	12	2.488	47	2.398	51	1.790	56	0.859	73
	14	3.260	54	3.083	57	1.977	68	1.329	73
	16	3.852	48	3.454	50	2.362	60	1.608	68
	18	4.681	45	4.462	42	3.421	52	2.342	58
2 ^a Fase (Hs=3.0m)	10	0.795	62	0.426	100	0.612	66	0.239	152
	12	1.382	55	0.856	77	1.035	60	0.389	140
	14	2.192	56	1.607	64	1.350	64	0.648	107
	16	3.160	51	2.419	59	1.940	61	1.001	95
	18	3.485	65	2.810	68	2.340	70	1.451	95
	20	4.057	69	3.375	64	2.740	74	1.767	88

5 CONCLUSÕES

Nesta comunicação analisou-se a influência do coeficiente de atrito na interface do casco do navio com as defensas, no comportamento de um navio petroleiro amarrado no Posto “A” do Terminal de Petroleiros de Leixões, para duas condições de pré-tensão nos cabos de amarração. O trabalho desenvolvido baseou-se nos resultados obtidos com dois modelos físicos, construídos à escala geométrica 1/100. A eficácia de cada uma das intervenções no sistema de amarração foi avaliada por comparação com uma condição de referência, na qual as forças iniciais nos cabos de amarração são as correspondentes à condição de pré-tensão base, e as defensas instaladas no cais apresentavam um coeficiente de atrito baixo na interface com o casco do navio.

De um modo geral, os resultados obtidos nas duas fases do estudo em modelo físico estão em sintonia, e mostram que a utilização de defensas com um coeficiente de atrito elevado, em combinação com um aumento das forças de pré-tensão nos traveses, permite obter reduções expressivas das amplitudes significativas dos movimentos do navio no plano horizontal (em relação à condição de referência). Dos movimentos analisados, o avanço é aquele cuja amplitude é mais fortemente reduzida com as alterações operadas no sistema de amarração. Nas duas fases do estudo, a redução da oscilação de avanço situou-se, grosso modo, entre 75 e 50%, diminuindo com o aumento do período de onda de pico. Para o movimento de deriva, as reduções são menos significativas. Segundo o modo de guinada, os resultados obtidos são ainda mais modestos, com a redução da amplitude dessa oscilação a situar-se sempre abaixo dos 30%.

Nas condições em que o estudo foi efectuado, a simples substituição das defensas base por defensas de elevado coeficiente de atrito revelou-se mais eficaz, na redução da amplitude significativa dos movimentos do navio, do que o aumento das forças de pré-tensão nos traveses, com defensas de baixo atrito instaladas no cais. Adicionalmente, o aumento da pré-tensão nos traveses conduz a melhores resultados quando as defensas instaladas no cais apresentam um coeficiente de atrito elevado na interface com o casco do navio.



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

Assim, e pondo de parte questões relacionadas com a reflectividade, as defensas pneumáticas instaladas no Posto "A", ao proporcionam um coeficiente de atrito elevado na interface com o casco do navio, são uma solução adequada quando se pretende minimizar os movimentos do navio amarrado (especialmente o avanço). Adicionalmente, melhorarão a eficácia de um hipotético aumento da pré-tensão nos cabos de amarração do navio. Outras soluções comerciais (e.g. defensas do tipo cónico), com um comportamento comprovadamente menos reflectivo, podem apresentar como inconveniente a necessidade da sua utilização em associação com painéis frontais de baixo atrito, destinados a minimizar os esforços de corte nestes elementos.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado nesta comunicação foi realizado no âmbito do projecto de investigação DOLPHIN (PTDC/ECM/72835/2006), que é financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia com fundos do programa POCI/FEDER.

REFERÊNCIAS

Bruun, P., 1983. *Mooring and fendering rational principles in design*. 8th International Haven Congress, June.

IHRH-FEUP, 2004. Estudo realizado para a Administração dos Portos do Douro e Leixões, sobre as condições de operacionalidade no Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões: Modelação numérica da agitação na envolvente do Porto de Leixões. Porto, Portugal, 31p.

IHRH-FEUP/CEHIDRO-IST, 2005. Estudo realizado para a Administração dos Portos do Douro e Leixões, sobre as condições de operacionalidade no Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões (6 Volumes): Relatório de Síntese. Porto, Portugal, 76p.

Rita, M., 1995. *Dimensionamento Hidráulico de Portos - Operacionalidade e Segurança de Navios nos Cais*. Teses e Programas de Investigação LNEC, LNEC, Lisboa, 1995. ISBN 972-49-1680-4.

Rosa Santos, P.; Veloso Gomes, F.; Taveira Pinto, F. & Brogueira Dias, E., 2007. *Estudo do Comportamento de um Navio Amarrado no Posto "A" do Terminal Petroleiro do Porto de Leixões: Construção e Calibração do Modelo Físico*. 2^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 24 de Out. de 2007, ISBN 978-989-95557-1-6.

Veloso Gomes, F.; Taveira Pinto, F.; Rosa-Santos, P.; Brogueira-Dias, E. & Guedes Lopes, H., 2005. *Berthing characteristics and behavior of the oil terminal of Leixões Harbour, Portugal*. Marine Heritage and Modern Ports, WIT Press, ISBN: 1-84564-010-1.

Vera-Cruz, D. & Carvalho, J., 1993. *Maciço submerso de pré-rebentação das ondas como meio de protecção de obras marítimas. O caso do Quebramar de Leixões*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória nº796, Lisboa, ISBN: 972-49-1587-5.