A CLASSE *COMFORT* SEGUNDO AS SOCIEDADES CLASSIFICADORAS

Regina Esteves¹ e José Manuel Gordo²

¹ Departamento de Projecto, Estaleiros Navais de Viana do Castelo,
Av. da Praia Norte, 4900-350 Viana do Castelo
Email: regina@envc.pt

² Unidade de Engenharia e Tecnologia Naval, Instituto Superior Técnico,
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa
Email: jgordo@mar.ist.utl.pt

Resumo

O navio é um corpo elástico e responde, necessariamente, às várias fontes de excitação presentes, quer a bordo quer no exterior. Pode dizer-se que é impossível construir um navio onde não existam vibrações. O que se procura quando se constrói um navio não é a inexistência de vibrações mas o controle do nível destas.

Com a actual exigência do controle das vibrações a bordo dos navios, tornou-se necessário estabelecer critérios e limites para os níveis de vibrações admissíveis. A forma mais usual de estabelecer estes critérios, entre armador e estaleiro de construção naval, é, cada vez mais, pelo estabelecimento de uma cláusula contratual de classe, dita *Comfort*, classes actualmente disponíveis em quase todas as principais Sociedades Classificadoras.

Neste artigo comparam-se várias classes *Comfort*, relativamente ao nível de vibrações, de seis das principais Sociedades Classificadoras: American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Registro Italiano Navale (RINA), Det Norske Veritas (DNV), Germanischer Lloyd (GL) e Lloyd's Register (LR).

1 Introdução

No contexto deste artigo vibrações são definidas por oscilações estruturais no intervalo de frequências de 0-100 Hz, gama de frequência à qual o ser humano é sensível.

Na prática, considera-se que um navio não tem vibrações quando os níveis são suficientemente baixos para evitar dois grandes tipos de danos: estruturais e humanos.

Dentro do primeiro tipo de danos, os estruturais, incluem-se: danos por fadiga em elementos estruturais do navio, nucleação de fendas e fissuras, funcionamento impróprio de maquinaria e aumento nos custos de manutenção da mesma, etc.

Aceita-se que a ocorrência deste tipo de danos é reduzida sempre que os limites máximos impostos pelas várias Sociedades Classificadoras são satisfeitos. Para se ter uma ideia quantitativa, o nível necessário para causar fissuras é aproximadamente dez vezes superior ao nível capaz de causar desconforto na tripulação e nos passageiros, de acordo com a Veritec Marine Technology Consultants (1985).

No segundo tipo de danos, os humanos, o estabelecimento dos critérios de aceitabilidade não é tão simples. Os efeitos físicos da exposição do corpo humano às vibrações são bem conhecidos: enxaquecas, acelerações do ritmo cardíaco, respiratório e circulatório, dores de costas, desordens no sistema nervoso central, etc. Além destes, existem os efeitos relacionados com o conforto: náusea, má postura, diminuição da coordenação de movimentos, etc. De acordo com Calhoun (2001), os limites de vibração hoje aplicados pelas Sociedades Classificadoras são suficientes para evitarem os danos físicos e mesmo de conforto mas insuficientes no que respeita aos problemas de fadiga e alteração dos padrões de sono, muitas vezes responsáveis por acidentes marítimos. A Organização Marítima Internacional (IMO) chega mesmo a referir que a fadiga da tripulação é, cada vez mais, reconhecida como um dos principais factores responsáveis por acidentes marítimos (circular IMO-MSC/Circ.565 (1991)).

Calhoun (2001) é mesmo da opinião de que as Sociedades Classificadoras necessitam de rever os seus limites para ter em conta o factor fadiga, o que pode ser indicativo da tendência evolutiva nos limites impostos pelas Sociedades Classificadoras. Este aspecto está, no entanto, fora do âmbito deste artigo, no qual se pretende fazer um resumo do panorama actual dos regulamentos das principais Sociedades Classificadoras para a atribuição da classe *Comfort* de vibrações.

Esta compilação não dispensa a leitura atenta das regras respectivas no caso particular de cada navio, pois há pormenores e especificidades que não são tomados em conta ou referidos, omitindo-se detalhes característicos da especificidade de cada Sociedade Classificadora. Isto é, por exemplo, quando se refere zona de ré pode significar L/3 se se estiver a considerar o regulamento da ABS ou a zona desde a perpendicular a ré até à antepara 0.15 Lpp no caso da GL.

2 Regulamentos das Principais Sociedades Classificadoras

A primeira diferença a constatar diz respeito ao próprio nome da classe em questão, classe que tem vindo a ser designada por *Comfort*, por ser este o termo utilizado pela maior parte das classificadoras. Nas regras das seis Sociedades Classificadoras analisadas neste artigo a classe *Comfort* regulamenta também o ruído a bordo e em algumas chega-se mesmo a regulamentar a climatização e a iluminação nos espaços interiores do navio (tabela 1). As versões das regras utilizadas para a comparação são as indicadas na primeira coluna da tabela 1.

BV e GL incluem apenas vibrações e ruído na classe *Comfort*, DNV, RINA e LR acrescentam a climatização interior, enquanto a ABS, além destas, classifica ainda a iluminação dos espaços. No entanto, e como já referido, este artigo foca-se na atribuição da classe *Comfort* relativamente às vibrações.

SOCIEDADE CLASSIFICADORA	CLASSE COMFORT			
	Vibrações	Ruído	Climatização Interior	Iluminação
ABS (vers.: Dez.2001)	X	X	X	X
BV (vers.: Jun.2000)	X	X		
RINA (vers.: 2003)	X	X	X ¹⁾	
DNV (vers.: Jan.2003)	X	X	X	
GL (vers.: Abr.2003)	X	X		
LR (vers.: Jan. 2003)	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	

¹⁾ Regras Provisórias

Tabela 1- Parâmetros visados pela notação de Classe Comfort.

2.1 Notação de Classe

Quando se pretende classificar um navio com a classe *Comfort*, o contrato estabelece a exigência da obtenção da notação de classe pretendida. As várias notações de classe das Sociedades Classificadoras estão comparadas na tabela 2.

As notações de classe da BV, RINA e DNV são muito semelhantes. Nestas, o grau de classe pretendido será forçosamente atribuído a espaços de passageiros e de tripulação embora, como se verá adiante, os níveis de vibrações exigidos para os espaços da tripulação sejam um pouco menos exigentes do que os dos passageiros. Na GL é possível a atribuição de um grau completamente diferente para espaços de passageiros e tripulação. Na ABS e na LR é possível a atribuição de classe *Comfort* só aos espaços de passageiros, só de tripulantes ou optar por ambos.

As notações da BV, RINA e DNV apenas dizem respeito às vibrações a bordo enquanto na ABS, GL e LR a nomenclatura da classe *Comfort* só de vibrações não existe. A notação destas últimas engloba vibrações, ruído e/ou climatização interior e/ou iluminação, dependendo do que cada uma destas Sociedades Classificadoras contempla, conforme visto na tabela 1.

Relativamente ao tipo de navios, a classe *Comfort* aplica-se a navios de carga e de passageiros em todas as Classificadoras com excepção da GL, que só atribui a classe a navios de passageiros. Relativamente aos navios de alta velocidade (*High Speed Crafts*, HSC), a RINA e a GL remetem para regras próprias, enquanto nas outras se aplicam estas.

Pode dizer-se que a GL é a Sociedade Classificadora que apresenta maiores diferenças relativamente às restantes, quer na nomenclatura de *Harmony Class* versus a nomenclatura *Comfort Class*, quer na atribuição de cinco graus de conforto versus os usuais dois ou três, bem como no já referido tipo de navio.

<i>S.C.</i>	<i>NOTAÇÃO DE CLASSE</i>	<i>NOTAS</i>	<i>APLICA-SE A:</i>
ABS	COMF/COMF+ HAB/H AB+	COMF para passageiros; HAB para tripulação; O + indica um nível mais elevado de conforto.	Navios de carga e passageiros, com mais de 12 passageiros, incluindo ferries e navios de cruzeiro.
BV	COMF-VIB(Vg)	Vg=1, 2 ou 3; 1 é o grau mais elevado de conforto.	Navios de carga e passageiros, incluindo iates.
RINA	COMF-VIB(N)	N=A,B ou C; A é o grau mais elevado de conforto.	Navios de carga e passageiros com LPP>65m. HSC têm regras e notação de classe especial - HNVC(N) .
DNV	COMF-V(cm)	cm=1, 2 ou 3; 1 é o grau mais elevado de conforto.	Navios de carga, navios de passageiros, HSC, HLC, iates.
GL	GL-HC(hc _{pass} /hc _{crew})	hc(<i>Harmony Categories</i>)= E, 1, 2, 3 ou 4; E significa que o grau de conforto é excelente, 1 muito elevado, 2 elevado, 3 moderado e 4 aceitável.	Navios de passageiros com V<25 nós, V<7.16Δ ^{1/6} nós e LPP>120m; Regras para navios com V>25 nós em preparação, para V<7.16Δ ^{1/6} nós aplicar as regras de HSC e para LPP<120m as condições devem ser acordadas com a GL.
LR	PAC(VN)/PAC(VN)+ CAC(VN)/CAC(VN)+ PCAC(VN)/ PCAC(VN)+	PAC passageiros, CAC tripulação e PCAC passageiros e tripulação; VN=1, 2 ou 3; 1 é o grau mais elevado de conforto e o + é um critério adicional que pode ser aplicado em casos especiais.	Navios de passageiros, navios de carga, HSC e iates.

Tabela 2- Tabela com a notação de Classe de Vibrações

2.2 Número de Pontos de Medição

O processo de obtenção da notação de classe inicia-se, antes das provas de mar, com o envio pelo estaleiro construtor do plano das medições de vibrações para aprovação da respectiva classe, indicando a distribuição e localização dos pontos onde se vão efectuar medições. Esta distribuição pode sofrer alterações durante as provas de mar se essa for a opinião do inspector na presença, por exemplo, de vibrações locais inesperadas.

O número e a localização dos pontos onde se efectuam as medições variam de navio para navio e existe alguma flexibilidade na sua definição. As regras das Sociedades Classificadoras dão, normalmente, indicações dos mínimos para se conseguir uma amostragem representativa da condição geral no navio. Na tabela 3 constam algumas destas indicações.

Um aspecto importante que falta referir diz respeito à direcção das vibrações a medir. As vibrações verticais são as mais importantes e, em alguns dos pontos, as

transversais, que englobam as vibrações longitudinais e horizontais, também deverão ser consideradas.

Por regra e com mais ou menos detalhe, as SC apenas referem os mínimos aceitáveis. Os estaleiros devem tentar uma boa caracterização geral do navio, tendo em atenção as regras de cada uma das SC.

<i>S.C.</i>	<i>Nº de Pontos</i>
ABS	<p>Escolher os casos potencialmente piores por proximidade às fontes de excitação. Em navios com menos de 100 camarotes de passageiros escolher uma amostra significativa não inferior a 10%, enquanto para os camarotes e espaços da tripulação não inferior a 20%. Quando os espaços públicos para passageiros são menos de 10 em todos eles se deve medir pelo menos 1 ponto se a área é <40m², 2 pontos se <80m², 3 se <200m² e 4 se ≥200m².</p>
BV	<p>As vibrações verticais dentro dos camarotes ou compartimentos pequenos devem medir-se no centro. Em compartimentos maiores os pontos devem ser vários de acordo com a estrutura local. Em navios com menos de 65 m um ponto em cada convés deve ter medições horizontais e transversais. Em navios de passageiros as medições transversais devem ser pelo menos um ponto no meio, a ré e a vante de cada pavimento. Em navios de carga com superestruturas altas, devem ser feitas medições transversais e longitudinais em pelo menos um ponto por pavimento.</p>
RINA	<p>Nos espaços de passageiros, pelo menos 10 pontos em cada pavimento, com pelo menos 3 destes na zona vertical principal. 50 % dos pontos medidos devem situar-se entre a ré do navio e a antepara de vante da CM. Nos espaços da tripulação pelo menos 6 pontos em cada pavimento.</p>
DNV	<p>Nos camarotes deve medir-se no centro. Em espaços maiores pode haver necessidade de distribuir um maior número de pontos. Em pavimentos de navios de passageiros em que as acomodações se estendem ao longo de um grande comprimento deste devem fazer-se 60% das medições a ré (1/3Lpp), 30% a meio navio e 10% a vante. Não é necessário medir vibrações longitudinais e transversais em todos os pontos; apenas as suficientes para representar a vibração global do pavimento.</p>
GL	<p>Medições longitudinais, pelo menos uma no duplo fundo, convés exposto e no topo do último pavimento. Medições transversais no convés exposto e no pavimento mais alto com distâncias entre posições menores do que Lpp/4. Medições verticais na condição de navegação têm diferentes percentagens atribuídas das medições quando o impulsor está a operar, em situação de manobra. Na zona mais a ré do navio: mais de 50% da área de suites de passageiros de 1ª classe, mais de 30% da área de suites de passageiros <i>standards</i> e mais de 30% dos camarotes de tripulação e espaços da tripulação. Na zona de meio navio e de vante: mais de 20% da área de suites de passageiros de 1ª classe, mais de 10% da área de suites de passageiros <i>standards</i> e mais de 10% dos camarotes de tripulação e espaços da tripulação. Nos outros espaços públicos como messes e áreas de lazer as medições verticais devem ser feitas espaço a espaço. Normalmente com pontos medidos no centro.</p>
LR	<p>Nos camarotes medir no centro. Em grandes espaços como restaurantes devem ser tomadas as medições suficientes para definir o perfil da vibração.</p>

Tabela 3- Notas indicativas do posicionamento dos pontos

2.3 Intervalo de Frequências a Analisar

Na introdução foi referido que a gama de frequências para avaliação de vibrações é de 0 a 100 Hz. Na realidade a gama até 1 Hz não é considerada, excepto pela ABS (tabela 4). Esta gama de frequências está associada ao movimento do navio e pode ser responsável por enjoos.

<i>S.C.</i>	<i>Notação de Classe</i>	<i>INTERVALO FREQ.[Hz]</i>
	COMF	0.5-80
ABS	COMF+	0.1-80
	HAB	0.5-80
	HAB+	0.5-80
BV		1-100
RINA		1-100
DNV		1-100
GL		1-80
LR		1-80

Tabela 4- Gama de Frequências.

BV, RINA e DNV utilizam critérios semelhantes, considerando a gama [1-100] Hz, enquanto a GL e a LR não exigem a análise da gama [80-100] Hz. A ABS é a única que abrange a gama [0.5-1] Hz e na COMF+ chega mesmo a incluir a gama [0.1-0.5], introduzindo nesta gama o limite de $30 \text{ m/s}^{1.5}$ para o Nível Crítico de Enjoo (*Motion Sickness Dose Value Level, MSDV₂*), explicando que a observância deste critério reduz em 90% ou mais a incidência do enjoo nos passageiros.

2.4 Instrumentação de Medida

Os pontos medidos têm que ser apresentados às Sociedades Classificadoras sob a forma de espectro de frequências (velocidade, aceleração ou deslocamento versus Frequência). Esse espectro é obtido através da conversão do sinal analógico deslocamento, velocidade ou aceleração versus tempo, gerado pelo transdutor em informação digital no domínio da frequência. Esta conversão é feita utilizando um analisador FFT. Todas as Sociedades de Classificação regulamentam o tipo de aparelho a utilizar nas medições (tabela 5).

<i>S.C.</i>	<i>Instrumentação de Medida</i>
ABS	Deve estar de acordo com ISO 8041:1990/Amd.1:1999
BV	Equipamento: Analisador FFT com pelo menos um transdutor (acelerómetro ou velocímetro) Gama de frequências: 1-100 Hz Resolução: 400 linhas Referência: Valor máximo repetido (<i>maximum repetitive value, peak hold</i> no analisador FFT) Tempo de observação: 1 min ou 30 s em condições estáveis
RINA	Equipamento: Analisador FFT Gama de frequências: 1-100 Hz Resolução: 400 linhas Referência: 0-pico Tempo de observação: 1 min ou 30 s em condições estáveis Janela: Hanning
DNV	Equipamento: Analisador FFT Gama de frequências: 1-100 Hz Resolução: 400 linhas Referência: pico Tempo de observação: 1 min de observação Janela: por exemplo janela rectangular
GL	Deve estar de acordo com ISO 8041:1990/Amd.1:1999
LR	Deve estar de acordo com ISO 8041:1990/Amd.1:1999

Tabela 5- Instrumentação de medida

2.5 Condições de Teste

Durante as provas de mar as medições de vibrações devem ser efectuadas sob determinadas condições que incluem o equipamento a funcionar a bordo, a profundidade mínima da água sob a quilha, a potência de máquina, as condições ambientais, o rumo, a condição de carga, etc. (tabela 6).

Os requisitos de funcionamento do equipamento são os mesmos para todas as Sociedades Classificadoras, exigindo-se que toda a maquinaria essencial à operação do navio em condições normais, aquecimento, ventilação e ar condicionado esteja a funcionar.

O rumo do navio deve ser o mais constante possível. ABS, GL, DNV, BV e LR referem mesmo que o ângulo do leme deve restringir-se à gama 0°-2°.

Relativamente à profundidade da água sob o casco ou quilha, a BV e a DNV estabelecem como limites mínimos três vezes o calado do navio, enquanto a ABS, GL e LR exigem pelo menos cinco vezes e a RINA pelo menos dez vezes. A ABS, GL, DNV e BV acrescentam que para navios que operam em águas menos profundas os testes devem ser realizados à profundidade normal de operação, enquanto a LR refere que para outro tipo de navios a profundidade tem que ser acordada com os seus serviços técnicos. A RINA não refere excepções.

<i>S.C.</i>	<i>Profundidade da água abaixo da quilha e estado do TEMPO</i>	<i>Condições de Carga</i>	<i>Potência da máquina</i>
ABS	>5 vezes o calado. Condições metereológicas previstas têm que ser sujeitas a aprovação. Se as condições de tempo forem piores mas os níveis de vibrações passarem o critério da classe o navio é certificado.	Em navios de passageiros tanto quanto possível semelhante à condição normal de navegação. Em navios de carga na condição de lastro.	Condição normal de serviço. Nunca inferior a 80%MCR.
BV	>3 vezes o calado. Beaufort 3 ou menos. Se em condições piores passar o critério é certificado.	Condição de carga definida para as provas de mar. Em geral coincide com o caso mais crítico. Medições adicionais noutras condições de carga podem ser pedidas.	Condição - normal de serviço. Nunca inferior a 85%MCR.
RINA	>10 vezes o calado. Condições dentro dos limites estado do mar 3 e Beaufort 3.	Tanto quanto possível semelhante à condição normal de navegação.	85% MCR. Podem ser pedidas medições adicionais a 100% MCR e 85% de (85% MCR).
DNV	>3 vezes o calado. Estado do mar 3 ou menos.	Tanto quanto possível semelhante à condição normal de navegação. Em navios com 2 condições com variações maiores do que 25% as medições devem ser feitas nas 2 condições de carga.	Condição normal de serviço. Nunca inferior a 80%MCR.
GL	>5 vezes o calado. Condições dentro dos limites estado do mar 3 e Beaufort 4. Condições mais adversas podem ser aceites pela GL, caso a caso.	Deve ser a mesma da especificada no contrato. Quaisquer desvios devem ir para aprovação antes das provas de mar.	Condição normal de serviço. Nunca inferior a 85%MCR.
LR	>5 vezes o calado. Estado do mar 3 ou menos.	Deslocamento e caimento semelhantes à condição normal de navegação.	85% MCR e pior condição de operação entre 0-85% MCR, caso exista alguma pior do que a de 85% MCR.

Tabela 6- Condições de Teste

Quanto ao estado do mar, a RINA, DNV, GL e LR indicam que este deve ser igual ou inferior a 3. A GL refere que podem ser admitidas condições mais adversas sendo a sua aceitação considerada caso a caso. A ABS exige que, conjuntamente com o plano de medições a aprovar antes das provas de mar, constem o estado do mar e vento previstos. Se o nível do estado do mar for superior mas o navio satisfizer os critérios de bom tempo é-lhe atribuído o certificado de classe. A BV não tem indicação para o estado do mar pretendido.

Relativamente ao estado do vento, a DNV e a LR são omissas, BV e RINA referem que deve ser igual ou inferior a Beaufort 3, GL estabelece que o limite máximo é Beaufort 4. ABS aprova-as antes das provas de mar, como acontece com o estado do mar.

A condição de carga de prova seria idealmente igual à condição normal de navegação. No entanto, em provas de mar é muitas vezes complicado cumprir com esta condição, pelo que será necessário dialogar com a Sociedade Classificadora antes das provas. Geralmente a condição de lastro ou de provas é mais gravosa do que a condição de carregado, factor que pode ser tomado em conta pela Sociedade Classificadora.

A potência à qual as provas de confortabilidade são feitas é a da condição normal de navegação mas nunca inferior a 80% da potência máxima contínua (MCR) para a ABS e para a DNV. Para a BV e GL também é a da condição normal de navegação mas nunca inferior a 85% MCR. Para a RINA é a 85% MCR com possibilidade de medições adicionais para 100% MCR e 85% dos 85% MCR. Para a LR a definição da condição é bastante diferente. Esta preconiza que devem ser efectuadas medições a 85% MCR e também à pior condição na gama 0-85% MCR, estabelecida pelas leituras em pontos pivot reduzindo a velocidade nó a nó a partir da velocidade correspondente a 85% MCR.

2.6 Limites para navios de carga e passageiros

Os actuais limites estabelecidos pelas principais Sociedades Classificadoras são apresentados na tabela 7.

Em todas as Sociedades os limites são apresentados em velocidades, excepto na ABS que utiliza acelerações. Dentro das velocidades, a GL e a LR utilizam a RMS (*Root Mean Square*), a BV a função de velocidade *peak hold*, a RINA a 0-pico e a DNV pico. A aceleração utilizada pela ABS é em RMS. Estas funções estão normalmente todas disponíveis nos instrumentos utilizados para as medições as quais se efectuam utilizando “in loco” as respectivas velocidades ou acelerações pedidas pela Sociedade Classificadora em questão.

A GL é a única Sociedade Classificadora que apresenta limites diferentes consoante a zona do navio. Para o mesmo nível de classe *Comfort*, os limites a ré são menos exigentes do que a vante, contendo ainda diferentes valores para algumas zonas do navio em condições de manobra, com os impulsores a operar. Na tabela 7 apenas figuram os limites na condição de navegação para possibilitar alguma forma de comparação com as outras Sociedades Classificadoras.

As zonas de tripulação em navios de passageiros têm limites iguais aos utilizados em navios de carga em todas as Sociedades Classificadoras, excepto na GL, uma vez que esta apenas tem classe *Comfort* para navios de passageiros. Os limites constam na tabela 8.

O facto da ABS usar acelerações torna complicada a comparação dos seus limites com os das outras Sociedades. As outras Sociedades podem comparar-se multiplicando os valores em RMS por $\sqrt{2}$, resultando os valores em pico. Em condições estáveis é possível a comparação (diz-se em condições estáveis pois só assim o *peak hold* é semelhante às medições em pico).

Principais Locais a bordo	ABS A RMS (m/s²)	BV V peak hold (mm/s)	RINA V 0-pico (mm/s)	DNV V pico (mm/s)	GL V RMS (mm/s)	LR V RMS (mm/s)
Zona de passageiros						
Suites de passageiros		1.5-2-2.5	1-2.5	1.5-2-2.5	1.1-1.5-1.9-2.3-2.6 ^{1)/} 0.8-1.2-1.6-2-2.4 ²⁾	1.5-1.8-2.1
Camarotes de passageiros		2-2.5-3	1.5-3		1.6-2-2.4-2.8-3.2 ^{1)/} 1.2-1.7-2.2-2.7-3.2 ²⁾	1.8-2.1-2.4
Restaurantes, bares, casinos, locais onde o ruído pode ser moderadamente elevado	0.2-0.315	2.5-3-3.5	2-4	1.5-2.5-4	1.8-2.2-2.6-3-3.4 ^{1)/} 1.4-1.9-2.4-2.9-3.4 ²⁾	2-2.5-3
Bibliotecas, teatros, locais onde se espera um ruído de fundo baixo		2-2.5-3	1.5-3		1.8-2.2-2.6-3-3.4 ^{1)/} 1.4-1.9-2.4-2.9-3.4 ²⁾	2-2.5-3
Locais de passagem, átrios		4-4-4	2-5		-	-
Zonas exteriores, piscinas, etc		3-4-5	3-5	2.5-3.5-5	2.2-2.6-3-3.4-3.8 ^{1)/} 2-2.4-2.8-3.2-3.6 ²⁾	2.5-3-3.5
Zonas de Tripulação						
Ponte					2-2.5-3-3.5-4	
Camarotes de tripulantes					1.6-2-2.4-2.8-3.2	
Camarotes de tripulantes seniores/oficiais					1.2-1.7-2.2-2.7-3.2	
Escritórios					2-2.4-2.8-3.2-3.6	
Messes, espaços públicos de tripulação	tab. 8	tab. 8	tab. 8	tab. 8	2-2.4-2.8-3.2-3.6	tab. 8
Hospital					1.2-1.7-2.2-2.7-3.2	
Casa de controle das máquinas					2.4-2.8-3.2-3.6-4	
Oficinas, paióis					3.2-3.6-4-4.4-4.8	
Áreas exteriores de lazer					2.6-3-3.4-3.8-4.2	

¹⁾ Em navegação e na zona de ré, até a antepara de vante da casa das máquinas.

²⁾ Em navegação e a vante da antepara de vante da casa das máquinas.

Tabela 7- Descrição dos limites para navios de passageiros

Principais Locais a bordo	ABS A RMS (m/s ²)	BV V peak hold (mm/s)	RINA V 0-pico (mm/s)	DNV V pico (mm/s)	GL V RMS (mm/s)	LR V RMS (mm/s)
Ponte		2-3-4	2.5-4		-	3.5
Camarotes de tripulantes		3-3.5-4	2-3.5		-	3.5
Camarotes de tripulantes seniores/oficiais		3-3.5-4	1.5-3	2.5-3.5-5	-	3.5
Escritórios		3-4-5	2.5-4		-	5
Messes, espaços públicos de tripulação	0.315-0.4	3-3.5-4	2.5-4		-	3.5
Hospital		3-3.5-4	1.5-3	-	-	-
Casa de controle das máquinas		3-3.5-4	2.5-4	3.5-4.5-6	-	5
Workshops, paióis		3-4-5	-	-	-	-
Áreas exteriores de lazer		3-4-4	3-5	-	-	-

Tabela 8- Descrição dos limites para navios de carga

Assim sendo, nas zonas de passageiros as classes mais exigentes são a DNV(COMF-V(1)) e a RINA (COMF-VIB(A)), excluindo a ABS da comparação por esta ser mais complicada,. A classe menos exigente é a hc₄ da GL.

Não é possível comparar os valores da ABS uma vez que, sucintamente, a vibração sinusoidal expressa em deslocamento se define por $x = A \sin(\omega t)$, em velocidade, por derivação, $\dot{x} = A \omega \cos(\omega t)$ e em aceleração $\ddot{x} = -A \omega^2 \sin(\omega t)$. ω é a frequência angular e igual a $\omega = 2\pi f$ [rad/s], f a frequência em Hz e A a amplitude do deslocamento em mm. Por esta razão, só é possível comparar acelerações com velocidades conhecendo a frequência que se quer comparar.

Os limites para os espaços das tripulações são menos exigentes do que para o espaço de passageiros.

Relativamente a espaços da tripulação, a Sociedade menos exigente continua a ser a hc₄ da GL, excepto em dois locais: os camarotes da tripulação (inclusivamente os dos tripulantes seniores) e a casa de controle das máquinas onde a DNV (COMF-V(3)) é menos exigente. A mais exigente nestes espaços é a RINA (COMF-VIB(A)), com excepção da ponte, onde a BV (COMF-VIB(1)) tem um valor mais exigente e

de alguns “empates”, nomeadamente nos escritórios e messes, com a DNV (COMF-V(1)) e nas áreas exteriores de lazer com a BV (COMF-VIB(1)).

3 Comentários Finais

Para que a classe *Comfort* seja atribuída após as medições das provas de mar os valores seguem para certificação na respectiva Sociedade Classificadora. Além dos limites das tabelas 7 e 8, algumas Sociedades ainda admitem alguma tolerância a estes valores. Por exemplo, na COMF-VIB(3) da BV, é admissível que na zona de ré os pontos tenham mais 0.5 mm/s do que o estabelecido, podendo 10% dos pontos medidos a bordo exceder os valores tabelados em menos de 1 mm/s. Se algum ponto a ré exceder em 1.5 mm/s os limites a classe *Comfort* COMF-VIB(3) não será atribuída, devendo os estaleiros corrigir o problema e voltar a tentar a certificação.

Do ponto de vista do armador a obtenção da classe *Comfort* é uma garantia de que o navio possui um bom nível global de vibrações. Do ponto de vista dos estaleiros navais há provavelmente que ter em consideração que a certificação nesta classe pode acarretar custos adicionais elevados, nomeadamente: análise de vibrações por elementos finitos na fase de anteprojecto e projecto, medições de vibrações com medidores cuja certificação seja reconhecida pela Classificadora, custos variados de intervenção para evitar ou corrigir vibrações, etc.

Referências:

American Bureau of Shipping, (December 2001), “Crew habitability on ships“.

American Bureau of Shipping, (December 2001), “Passenger comfort on ships“.

Bureau Veritas, (April 2001), “Comfort on Board (COMF)”, BV rules, Part F, Chapter 6.

Calhoun, S.R., (2001), “Human Factors in Ship Design: Preventing and Reducing Shipboard Operator Fatigue”, www.manningaffordability.com, University of Michigan, Department of Naval Architecture and Marine Engineering.

Det Norske Veritas, (January 2003), “Comfort Class”, DNV Rules, Part 5, Chapter 12.

Germanischer Lloyd, (April 2003), Rules for Classification and Construction, I-Part 1, Chapter 16.

IMO-MSC/Circ.565, (1991), “Fatigue as a Contributory Factor in Maritime Accidents”.

Lloyd’s Register, (January 2003), “Passenger and crew accommodation comfort”.

RINA, (2003), “Comfort with Regard to Vibrations”, Pt F, Ch 6, Sec 2.

Veritec Marine Technology Consultants, (1985), “Vibration control in ships”, A/S Veritas-huset.