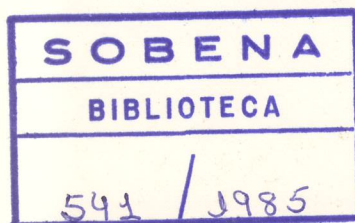


JOÃO BOSCO ERTAL SERRÃO

937

Pi. 229

ESTUDO DOS LIMITES PERMISSÍVEIS DE VIBRAÇÃO E
RUÍDO DITADOS PELAS NORMAS E RECOMENDAÇÕES
DE DIVERSOS PAÍSES



Pi. 229

VI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE
MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

Veracruz y Cd. de México, 16 al 22 de Septiembre de 1979

RESUMO

Este trabalho, realizado no Estaleiro EMAQ-Engenharia e Máquinas S.A., Brasil, foi desenvolvido com base numa compilação das normas e recomendações técnicas e estudos feitos por vários países, visando fornecer um guia prático sobre os limites permissíveis de vibrações e ruídos que auxilie nos problemas deste gênero, tendo em vista a cada dia que passa, maiores são as exigências dos armadores sob o ponto de vista de vibrações.

* * * * *

RESUME

This study, accomplished at EMAQ Shipyard-Rio de Janeiro-Brasil, was developed based on compilation of rules and technical recommendations of several countries with the scope of furnishing a practical guide on permissible limit to the vibration and noise, helping solve problems of such order, having in mind that the shipowners are demanding more and more perfections as far as the vibration is concerned.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é o rápido acesso as normas que referenciam limites de vibrações mecânicas e de ruídos aceitáveis.

Organizou-se o estudo em duas partes:

- a) Limites permissíveis para vibrações mecânicas sob o ponto de vista estrutura e conforto;
- b) Limites de ruído permissíveis para o ser humano em função do local do navio.

Em ambas as pesquisas procurou-se coletar o maior número de normas e recomendações existentes no mundo até a presente data.

Este estudo descreverá cada norma existente, dando-lhe a origem, a data de emissão e os gráficos com os quais pode-se facilmente usar tais normas e recomendações.

2. NORMAS E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS SOBRE NÍVEIS DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS

2.1 RECOMMENDATIONS DESIGNED TO LIMIT THE EFFECTS OF VIBRATIONS ON BOARD SHIP

2.1.1 ORIGEM E DATA DE EDIÇÃO

Editada em maio de 1971 pelo BUREAU VERITAS, FRANÇA. Guidance note 138 BM.3.E.

2.1.2 SUMÁRIO

Esta recomendação fala sobre as várias fontes de excitação encontrada nos navios, a análise de resposta da estrutura do casco e dos dispositivos práticos para reduzir vibrações mecânicas.

2.1.3 LIMITES DE VIBRAÇÕES PARA ESTRUTURA

Os valores abaixo podem ser considerados como limites para um nível de aceleração permitido correspondente para vibrações estruturais:

- a) até 1g (aceleração da gravidade) para estruturas sobre as quais são fixados suportes auxiliares, tubulações, etc.
- b) até 1,5g para as partes livres da estrutura de aço especialmente se estas deverão estar imersas na maioria dos casos em líquidos.

Estes valores de aceleração são dados para comprovar se o projeto estrutural é bom ou se a solda é de um padrão satisfatório.

2.1.4 LIMITES DE VIBRAÇÃO PARA MOTORES E AUXILIARES

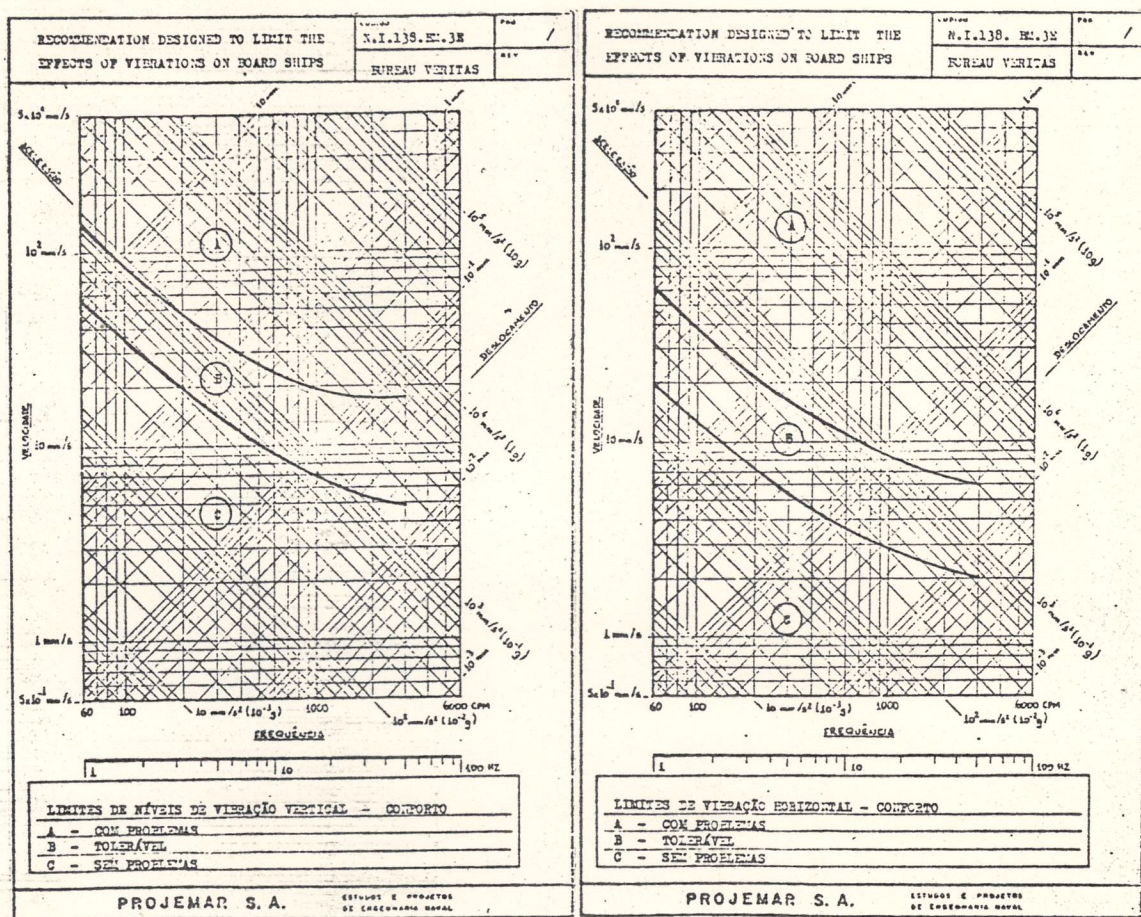
É difícil definir o valor limite que os elementos mecânicos do sistema propulsor e seus auxiliares podem resistir. Geralmente, pode-se

admitir que estas vibrações que estão abaixo de 1g não produzem quebras, a menos que, por ressonância, exijam uma solicitação mais importante de certos elementos.

Para elementos mecânicos, como reforços, é admissível uma aceleração um pouco maior na prática sem que haja dano (até 1,2g).

Para equipamentos eletrônicos ou elétricos e automação, é usual verificar, antes da montagem, que não apresentem frequência de ressonância entre 0 e 55 Hz e, se existir, que ele possa resistir a esta frequência sem deterioração.

2.1.5 LIMITES DE VIBRAÇÃO PARA TRIBULAÇÃO (vide figuras subsequentes).



2.2 INTERIM GUIDELINES FOR THE EVALUATION OF VIBRATION IN MERCHANT SHIPS

2.2.1 ORIGEM E DATA DE EDIÇÃO

Editada em 1976 pela ISO/TC108/SC2/WG2/ - "vibration of ships", sob o número ISO/108/2 N 19E, como "technical report".

2.2.2 SUMÁRIO

Esta recomendação pode ser usada como referência para a avaliação

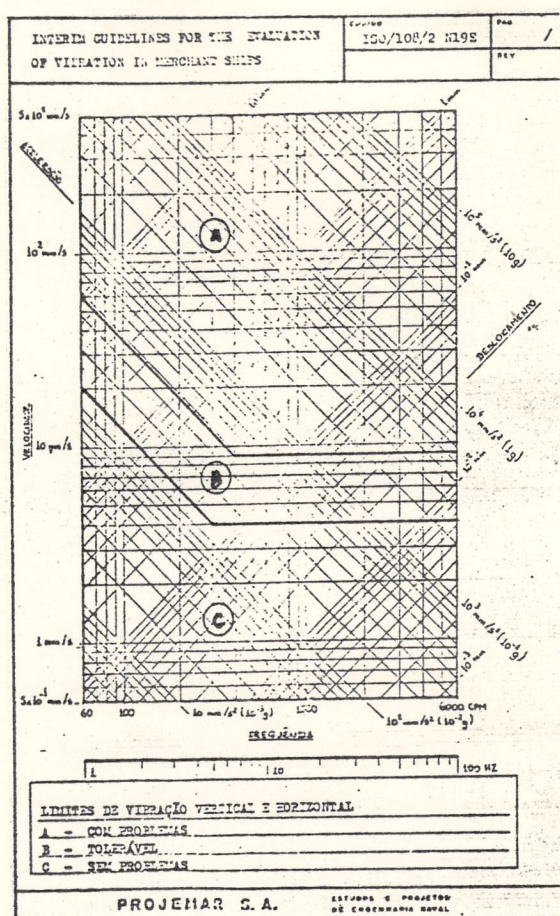
de níveis de vibração no casco, superestrutura nas acomodações da tripulação e locais de trabalho no navio.

É aplicável também, para desenvolvimento e melhoria do casco, como limites de referência.

Não deve ser usada para estabelecer critérios de vibração para máquinas ou equipamentos.

2.2.3 GRÁFICO

No gráfico subsequente é dividido em 3 zonas: permitida (melhor que a média), tolerável (na média) e proibida (pior que a média).



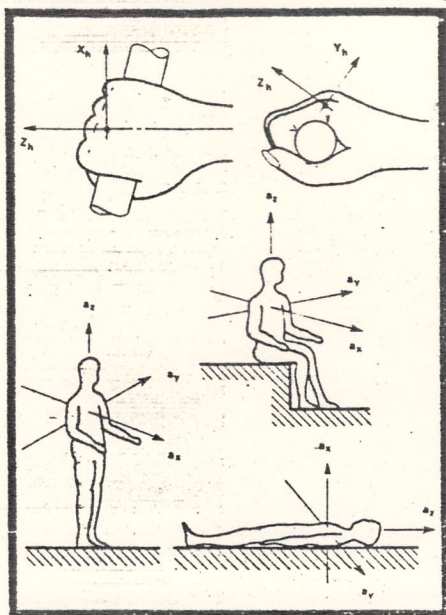
não periódicas e aleatórias, sendo que para as duas últimas, dentro de um espectro de frequência distribuída.

Não é possível, com base nos dados obtidos, formular uma recomendação geral para frequências fora do intervalo de 1 a 80 Hz.

Esta norma define 3 direções de vibração no corpo humano:

- X - trás para frente;
- Y - lado para outro;
- Z - cima para baixo.

As figuras abaixo ilustram estas direções:



Os eixos X, Y são considerados como direções transversais e o eixo Z como longitudinal.

Caso haja vibrações em mais de uma direção simultaneamente (vibração "multiaxial" ou "multiplanar"), os limites correspondentes são aplicados separadamente para cada componente vetorial nos 3 eixos.

Os gráficos trabalham com o valor rms das amplitudes de aceleração.

Caso tenha-se várias acelerações em diversas frequências é necessário compor os tempos de exposição para obter-se uma "exposição total equivalente".

Ao se calcular o tempo de "exposição total equivalente" tem-se 3 critérios a seguir:

- a) preservação da eficiência do trabalho (limite de queda de eficiência por fadiga);
- b) preservação da saúde (limite de exposição);
- c) preservação do conforto (limite redução do conforto).

Para o critério de queda de eficiência entra-se nos gráficos com o valor rms da aceleração, para o critério de limite de exposição com o dobro do valor rms da aceleração e para o critério de limite de redução de conforto divide-se o valor rms da aceleração por 3.15.

Escolhido o critério, compõe-se o "tempo de exposição equivalente" com as seguintes variáveis:

- t_i - tempos de exposição (h, min.);
- T_i - tempos de exposição permitidos (h, min.);
- A_i - acelerações (m/s^2);
- A_{ci} - acelerações corrigidas (m/s^2);
- A'_c - aceleração corrigida de referência (m/s^2);
- T' - tempo de exposição permitido para a aceleração de referência (h, min.);
- T_T - tempo de exposição equivalente total (h, min.).

O primeiro passo é corrigir todas as acelerações (A_i) em função do critério adotado.

Em seguida calcula-se os tempos de exposição permitidos (T_i) entrando nos gráficos com as acelerações corrigidas (A_{ci}) e as frequências (F) correspondentes. Toma-se a maior aceleração corrigida como referência (A'_c) e o tempo de exposição permitido desta aceleração de referência (T').

Os tempos de exposição (t_i) dependem do local, por exemplo tem-se 8h para praça de máquinas, 24 h para camarotes, etc.

Para o cálculo dos tempos de exposição equivalentes (t'_i) usa-se a relação abaixo:

$$t'_i = t_i \cdot T'/T_i$$

Estes tempos de exposição equivalente (t'_i) tem como finalidade transformar diversas acelerações com vários tempos de exposição permitido numa só aceleração de referência.

Pode-se então calcular o tempo de exposição equivalente total (T_T) por:

$$T_T = \sum_i t'_i = T' \sum_i t_i/T_i$$

Para que o nível de vibrações mecânicas sejam aceitáveis o tempo de exposição equivalente total (T_T) deve ser menor que o tempo de expo-

sição equivalente total (T_T) deve ser menor que o tempo de exposição permitido para aceleração de referência (T').

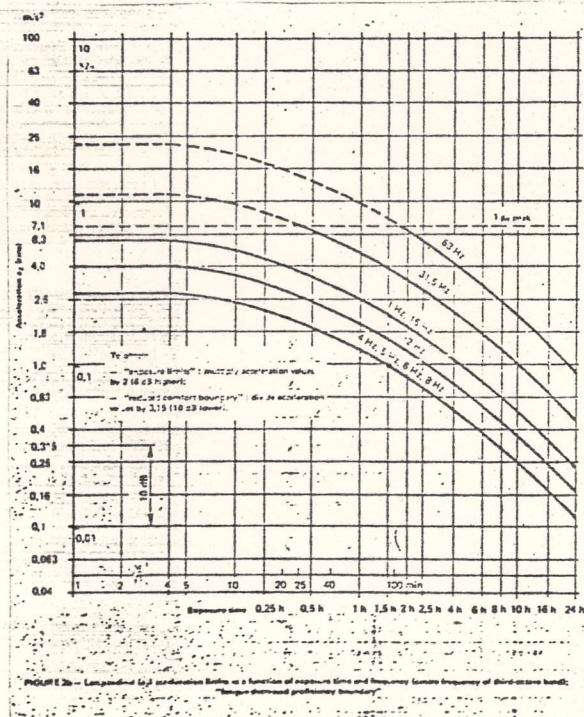
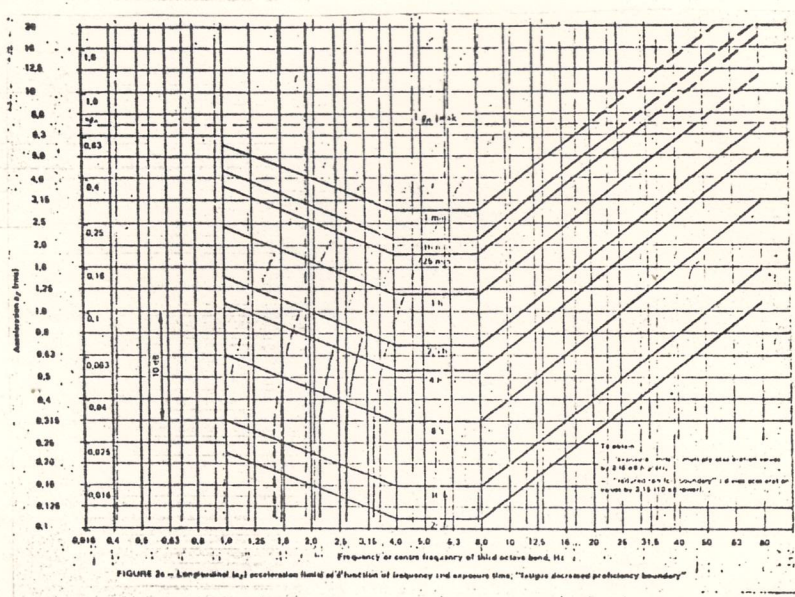
Caso isto não ocorra o tempo máximo permitido ficar neste ambiente (T_M) é dado por:

$$T_M = (T')^2 / T_T$$

Quando um tempo de exposição permitido (T_i) for superior a 24h o tempo de exposição equivalente (t'_i) deve ser desprezado do somatório.

2.3.3 GRÁFICOS

Nos 4 gráficos que seguem os 2 primeiros são para a direção longitudinal e os outros para direção transversal.



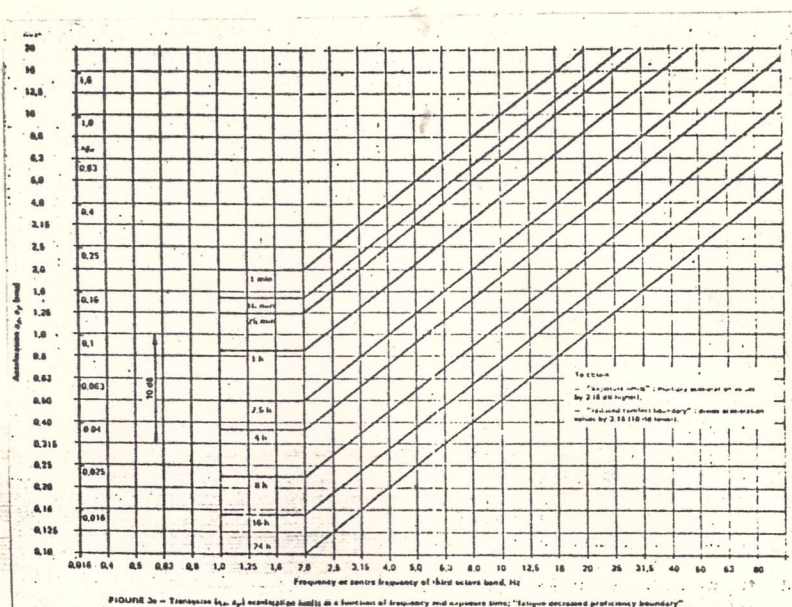


FIGURE 3a - Transverse (a_y, a_z) acceleration limits as a function of frequency and exposure time; "fatigue-decreased proficiency boundary"

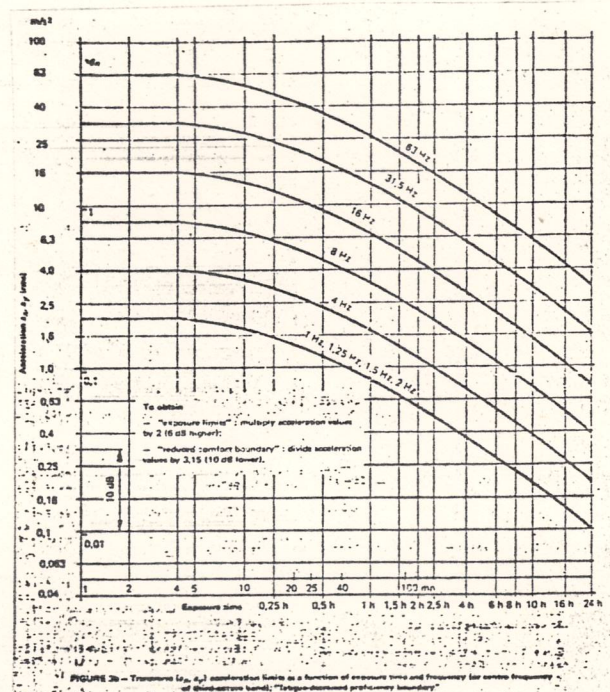


FIGURE 3b - Transverse (a_y, a_z) acceleration limits as a function of exposure time and frequency for various frequencies of vibration band; "fatigue-decreased proficiency boundary"

2.4 GUIDE TO THE SAFETY ASPECTS OF HUMAN VIBRATION EXPERIMENTS

2.4.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Editada em junho de 1973 pela BSI sob o código DD23:1973.

2.4.2 SUMÁRIO

Esta recomendação é semelhante a ISO-2631 "Guide for the evaluation of human exposure to wholebody vibration".

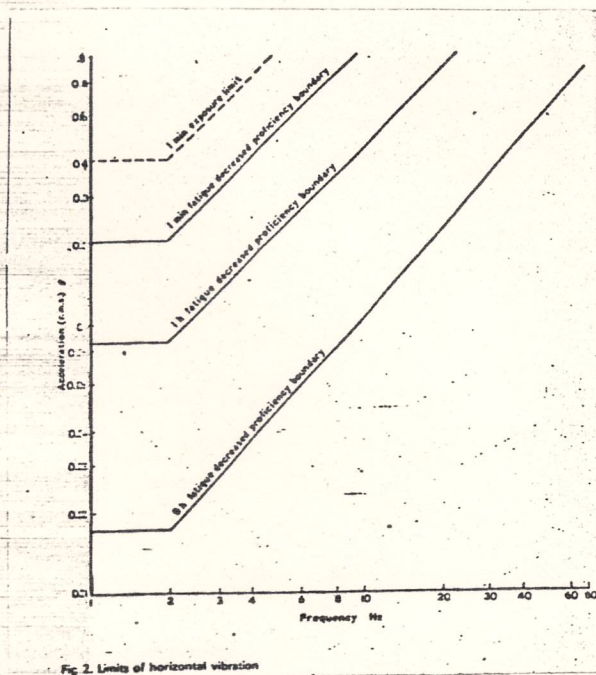
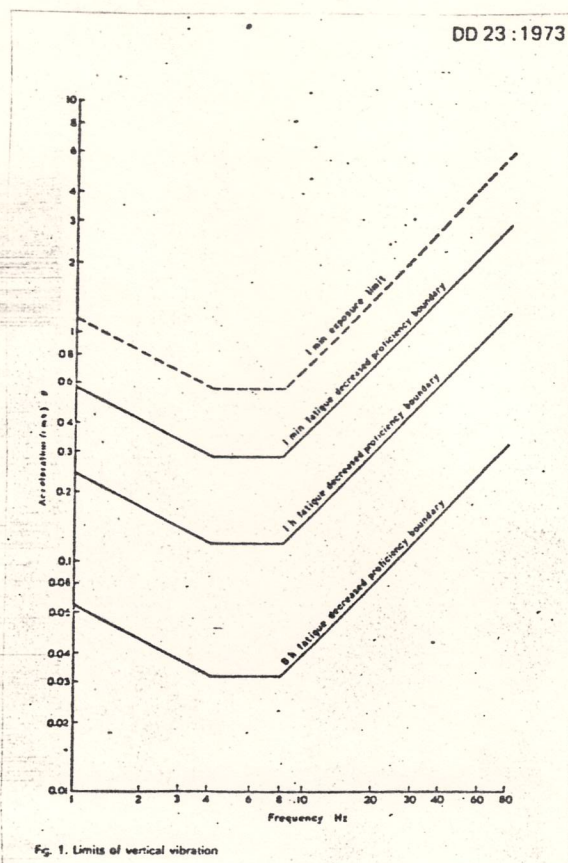
Apenas diferencia nas direções de vibração quando denomina de vertical o que a ISO-2631 denomina longitudinal e horizontal a que a ISO-2631 denomina transversal.

O cálculo dos tempos assim como os critérios são idênticos.

2.4.3 GRÁFICOS

- 09 -

São apresentados 2 gráficos sendo que o primeiro para vibrações verticais e o último para as horizontais.



2.5 GUIDE TO THE EVALUATION OF EXPOSURE OF THE HUMAN HAND-ARM SYSTEM TO VIBRATION

2.5.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Editada em fevereiro de 1975 pelo BSI sob o código DD 43:1975.

2.5.2 SUMÁRIO

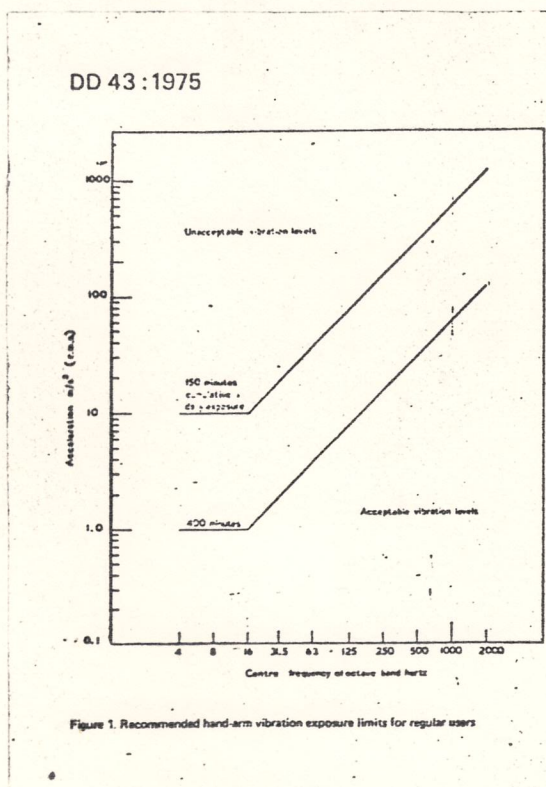
O objetivo desta recomendação é limitar o nível de vibrações mecânicas imposto ao sistema mão-braço.

A aceleração é dada em valor rms em m/s^2 .

O intervalo de frequência é dado em banda de oitava de 4, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

O tempo de exposição é o tempo medido ou estimado para o qual o operador é exposto a vibração durante o dia normal de trabalho de uma semana de 5 dias num ano normal. Na prática a exposição acumulada diária varia entre 150 min. a 400 min.

É recomendado que a exposição acumulada nunca ultrapasse a 400 min. Para períodos entre 150 e 400 min. é necessário uma interpolação.



2.6 MECHANICAL VIBRATION OF MACHINES WITH OPERATING SPEEDS FROM 10 TO 200 REV/S - BASIS FOR SPECIFYING EVALUATION STANDARDS

2.6.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Editada em 1974 pela ISO sob o código ISO-2372.

2.6.2 SUMÁRIO

Esta norma define as bases para especificar as regras para serem empregadas na avaliação da vibração mecânica das máquinas na faixa de operação entre 10 e 200 rev/s.

O propósito desta norma é a avaliação da vibração mecânica "normais" em função da resistência, segurança e da percepção humana.

São dados abaixo exemplo de classes específicas de máquinas. É necessário enfatizar, todavia, que elas são simples exemplos e é reconhecido que são possíveis outras classificações e podem substituir as dadas de acordo com as circunstâncias. No presente, a experiência sugere que as seguintes classes são apropriadas para a maioria das aplicações:

- CLASSE I: partes individuais de motores e máquinas, integralmente ligadas com a máquina completa em operação normal (geradores de até 15 KW são exemplos típicos desta categoria).
- CLASSE II: máquinas de tamanho médio (motores elétricos com saída de 15 a 75 KW) sem fundação especial, motores ou máquinas rigidamente montados sobre fundações especiais.
- CLASSE III: grandes máquinas com massas rotativas montadas sobre fundações rígidas e pesadas que são relativamente rígidas na direção em que a vibração foi medida.
- CLASSE IV: grandes máquinas com massas rotativas montadas sobre fundações que são relativamente fracas na direção em que a vibração foi medida (conjunto de turbo-gerador, especialmente os que possuem subestrutura leve).
- CLASSE V: máquinas e motores com esforços de inércia desbalanceados (devido a partes recíprocas), montados sob fundações relativamente rígidas na direção em que a vibração foi medida.
- CLASSE VI: máquinas e motores com esforços de inércia desbalanceados (devido a partes recíprocas), montados sobre fundações relativamente fracas na direção em que a vibração foi medida, máquinas centrífugas, máquinas de testar fadiga dinâmica, excitadores de vibração de grande porte.

Os exemplos nas 4 primeiras classes foram selecionados porque existe um número substancial de experiências sobre o qual basea-se a avaliação.

A tabela abaixo foi organizada para as 4 primeiras classes e sugere 4 níveis de qualidade indo de A até D.

TABLE 2 - Vibration severity ranges and examples of their application to small machines (Class II), medium size machines (Class III), large machines (Class IV) and turbo machines (Class V)					
Ranges of vibration severity		Examples of quality judgement for separate classes of machines			
Range	rms-velocity v (in mm/s) at the range limits	Class I	Class II	Class III	Class IV
0,28	0,28	A	A	A	A
0,45	0,45				
0,71	0,71				
1,12	1,12	B	B	B	B
1,8	1,8				
2,8	2,8	C	C	C	C
4,5	4,5				
7,1	7,1	D	D	D	D
11,2	11,2				
18	18				
28	28	D	D	D	D
45	45				
71	71	D	D	D	D

As máquinas nas classes V e VI, especialmente motores recíprocos, variam enormemente nas suas construções e a influência relativa das forças de inércia, então, eles variam consideravelmente nas suas características vibratórias. Por esta razão é difícil classificá-las da mesma maneira que as máquinas das 4 primeiras classes. Na classe V a relativa frequência natural alta associada com a fundação rígida são facilmente excitadas pelas múltiplas frequências geradas na máquina.

Para estas máquinas, velocidades de vibração rms de 20 a 30 mm/s e maiores podem ocorrer sem causar problemas.

As máquinas com fundação resilientes da classe VI permitem uma maior tolerância neste respeito: velocidade de vibração de 50 mm/s ou maiores podem ser medidas em motores de alta rotação. Quando atinge o ponto de ressonância é possível medir uma velocidade de até 500 mm/s em pequenos intervalos.

2.7 MECHANICAL VIBRATION OF CERTAIN ROTATING ELECTRICAL MACHINERY WITH SHAFT HEIGHTS BETWEEN 80 AND 400 MM MEASUREMENT AND EVALUATION OF THE VIBRATORY SEVERITY

2.7.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Editada pela ISO em 1974 sob o código de ISO-2373.

2.7.2 SUMÁRIO

Esta norma especifica o teste e as condições de medição e fornece um guia sobre os limites para o nível de severidade de vibração que é capaz de avaliar a qualidade do grupo gerador sob o ponto de vista - de vibrações.

Ela é aplicada a grupo gerador CA de 3 fases e para grupos geradores CC com diâmetro entre 80 e 400 mm.

Não é aplicada ao gerador em separado, grupos geradores de fase única ou a grupos geradores de 3 fases operando com sistema de fase única.

A tabela abaixo dá os limites recomendados de severidade de vibração, expressos em mm/s e em in/s, para vários padrões de diâmetro de eixos e para 3 graus de qualidade a saber:

"N" - Normal

"R" - Reduzido

"S" - Especial

TABLE - Recommended limits of vibration severity (for guidance purposes only)

Quality grade	Speed rev/min	Maximum rms values of the vibration velocity for the shaft height H, in mm*					
		80 < H < 132		132 < H < 225		225 < H < 400	
		mm/s	in/s	mm/s	in/s	mm/s	in/s
N (normal)	600 to 3 600	1,8	0,071	2,8	0,110	4,5	0,177
R (reduced)	600 to 1 800	0,71	0,028	1,12	0,044	1,8	0,071
	> 1 800 to 3 600	1,12	0,044	1,8	0,071	2,8	0,110
S (special)	600 to 1 800	0,45	0,018	0,71	0,028	1,12	0,044
	> 1 800 to 3 600	0,71	0,028	1,12	0,044	1,8	0,071

* A single set of values, such as those applicable to the 132 to 225 mm shaft height, may be used if shown by experience to be required.

NOTAS:

- Os fabricantes devem levar em conta que os valores medidos tem um desvio do valor real de 10%;
- O limite recomendado "N" é aplicado a grupos elétricos normais;
- Para grupos que exigem uma melhor qualidade usa-se o limite "S" dividido por 1.6 ou um múltiplo. Por causa de sua natureza especial, os arranjos feitos para grupos em instalação desta qualidade devem estar sujeitos a um acordo entre o fabricante e o usuário.

2.8 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO ESTRUTURAL - ABS

2.8.1 ORIGEM

Este critério foi obtido através de contatos pessoais de elementos - da EMAQ S.A. com elementos da CLASSIFICADORA ABS em 1978.

2.8.2 PARTICULARIDADES

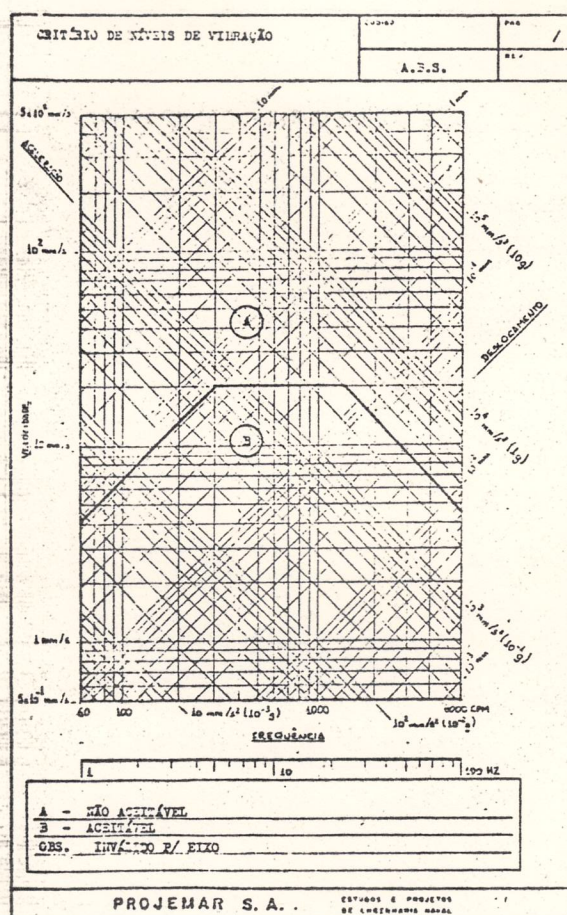
Os níveis de vibração mecânica abaixo não podem ser excedidos para vibrações verticais e transversais:

- abaixo de 5 Hz (300 cpm) o deslocamento máximo não poderá ultrapassar a 1.25 mm (pico a pico);
- entre 5 e 25 Hz (300 e 1500 cpm) a velocidade máxima não poderá ultrapassar a 20 mm/s;
- acima de 2 Hz (1500 cpm) a aceleração não poderá ser superior a 0.3g.

Os locais onde forem ultrapassados estes limites é recomendado uma ação corretiva.

Este critério não é válido para linha de eixos.

2.8.3 GRÁFICO REPRESENTATIVO



2.9 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO DA SOCIEDADE CLASSIFICADORA POLONESA

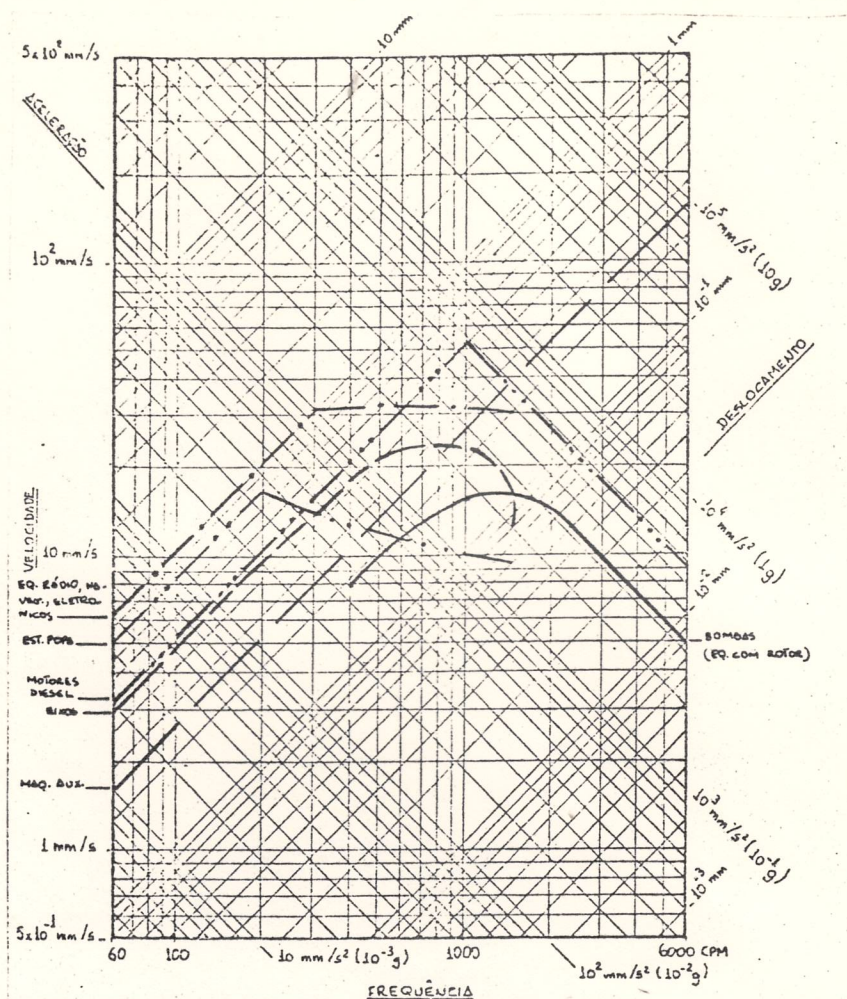
2.9.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Este critério teve como fonte o "POLSKI REJESTR STATKUW" da POLÔNIA, edição de 1974, pag. 203.

2.9.2 PARTICULARIDADES

Este critério é utilizado para máquinas e estrutura.

2.9.3 GRÁFICO



2.10 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO - FIZJOLOGIZNE KRITERIA OCENY DRANWARTOSCI SKUTECZNE (POLÔNIA)

2.10.1 ORIGEM

Editado em 1976 pelo INSTYTUTU MORKIEGO da POLÔNIA.

2.10.2 PARTICULARIDADES

As amplitudes de aceleração, velocidade e deslocamento entram no gráfico com seu valor rms.

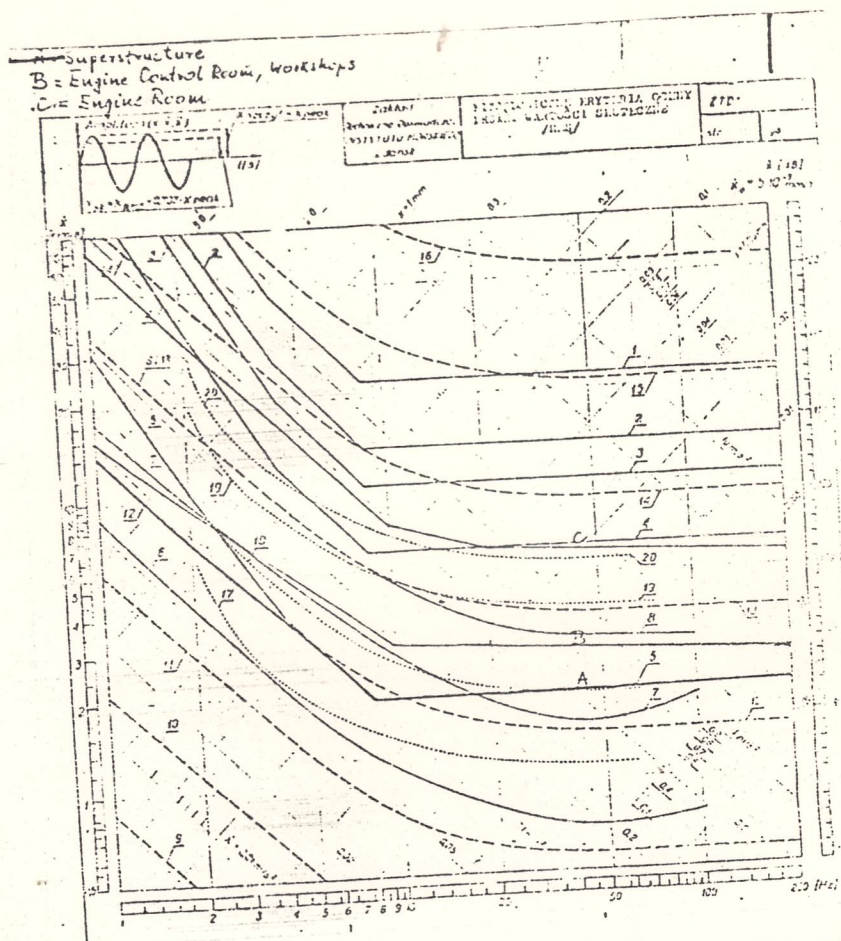
$$X_{rms} = 0.707 \times \text{pico}$$

Este critério foi feito sob o ponto de vista do conforto.

2.10.3 GRÁFICO

Foi selecionada 3 curvas neste gráfico, a saber:

- Superestrutura;
- Sala de Controle, Oficinas a bordo;
- Praça de Máquinas.



2.11 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO DO LIVRO SHIP HULL VIBRATION

2.11.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Este critério foi extraído do livro Ship Hull Vibration de autoria de F. H. Todd, edição de 1961, pag. 211, sendo que o autor a cita como pertencendo ao INSTITUT DE RECHERCHES DE LA CONSTRUCTION NAVALE IN FRANCE, de autoria de J. Dieudonné, em 1958.

2.11.2 TABELA

Sendo "g" a aceleração da gravidade temos:

Appraisal of vibration	Vertical acceleration		Horizontal acceleration	
	At ends of ship	In accommodation	At ends of ship	In accommodation
Very weak	0-010 g	—	—	—
Weak	0-010/0-025 g	0-010 g	0-010 g	—
Noticeable	0-025/0-050 g	0-010/0-025 g	0-010/0-025 g	0-010 g
Slightly uncomfortable	0-050/0-120 g	0-025/0-050 g	0-025/0-050 g	0-010/0-025 g
Very uncomfortable	0-120/0-250 g	0-050/0-125 g	0-050/0-125 g	0-025/0-050 g
Extremely uncomfortable	0-250/0-500 g	0-125/0-250 g	0-125/0-250 g	0-050/0-120 g
Hardly supportable	0-500/1-000 g	0-250/0-500 g	0-250/0-500 g	0-120/0-250 g
Unbearable	1-000 g	0-500 g	0-500 g	0-250 g

Este critério é aplicável ao casco, sendo um critério voltado para o conforto.

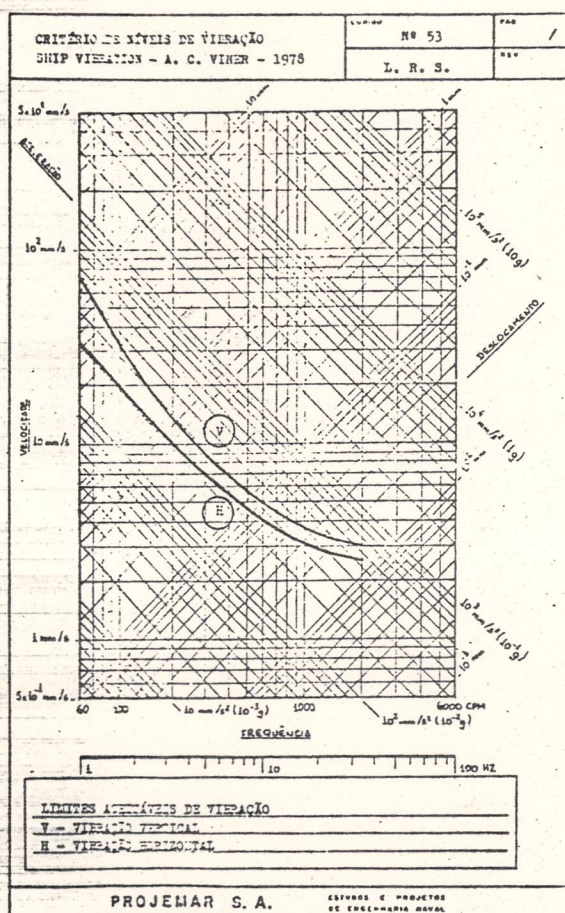
2.12 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO DO L.R.S.

2.12.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Este critério foi retirado do trabalho SHIP VIBRATION de autoria de A.C. Viner e publicado em 1968 pelo L.R.S. sob o número 53.

2.12.2 PARTICULARIDADES

Esta recomendação foi baseada no conforto da tripulação. As curvas do gráfico são usadas pelo L.R.S. como um guia para o limite superior de vibrações nas acomodações.



2.13 CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO DO G. L. - AUTOMAÇÃO

2.13.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Este critério foi retirado do livro de regras, volume IV, capítulo 9, páginas 2, 3 e 4, edição de 1972, do G.L.

2.13.2 SUMÁRIO

Todos os controles e engrenagens de regulagem, assim como sensores, atuadores, controladores, etc., dependendo de suas localizações, devem ser projetados para resistir acelerações e amplitudes sob as se

guintes condições:

a) Em geral (gráfico, curva 1)

Para frequências de 5 a 10 Hz a amplitude máxima de deslocamento poderá ser de 1,5 mm.

Para frequências de 10 a 80 Hz a amplitude máxima de deslocamento será dada por:

$$a = 150/f^2 \text{ mm}$$

onde f é a frequência (Hz)

A aceleração máxima é dada por 0,6 g.

b) Para motores, geradores diesel, compressores, etc.

Para frequências de 5 a 20 Hz, a amplitude máxima de deslocamento poderá ser de 2,5 mm.

Para frequências entre 20 e 80 Hz, a amplitude máxima é dada por:

$$a = 1000/f^2 \text{ mm}$$

A aceleração máxima é de 4 g.

Instrumentos possuindo um peso G com mais de 10 kgf devem ser projetados para resistir acelerações de:

$$a = 40/G$$

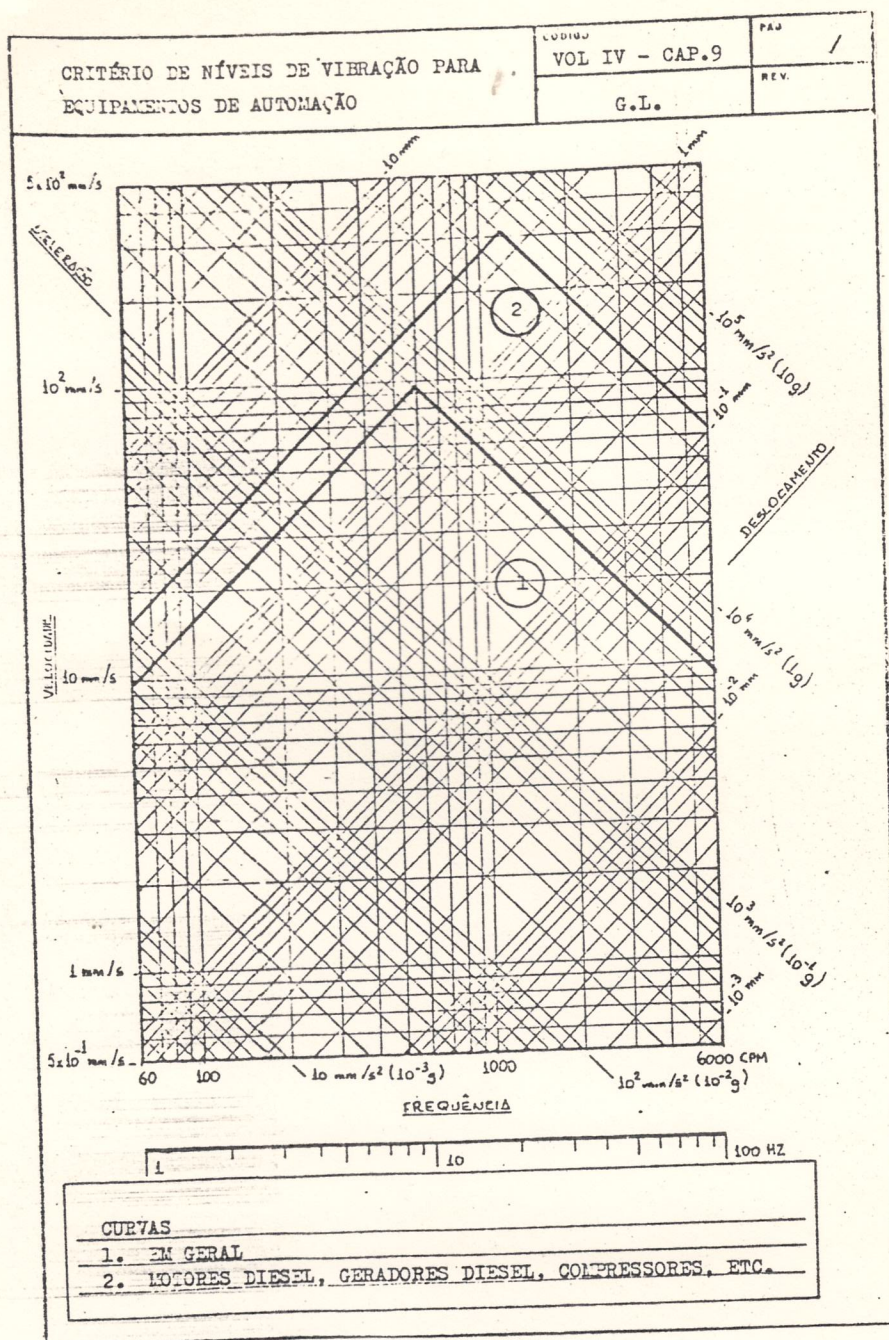
A aceleração máxima será de 0,6g.

c) Equipamentos no duto de exaustão do motor diesel

Podem ocorrer acelerações no duto de exaustão do motor diesel consideravelmente maiores que nos itens a e b. Os equipamentos que operar nestes locais devem ser adaptados para estas condições de operação esperadas.

As frequências de excitação entre 5 e 80 Hz não deverão causar ressonância nos equipamentos nem nos seus suportes. Caso isto não seja possível, deve ser providenciado que nenhuma frequência de excitação ocorra próxima da frequência natural do equipamento no local onde este está instalado.

2.13.3 GRÁFICO



2.14 CRITÉRIO DE VIBRAÇÃO DO ISSC

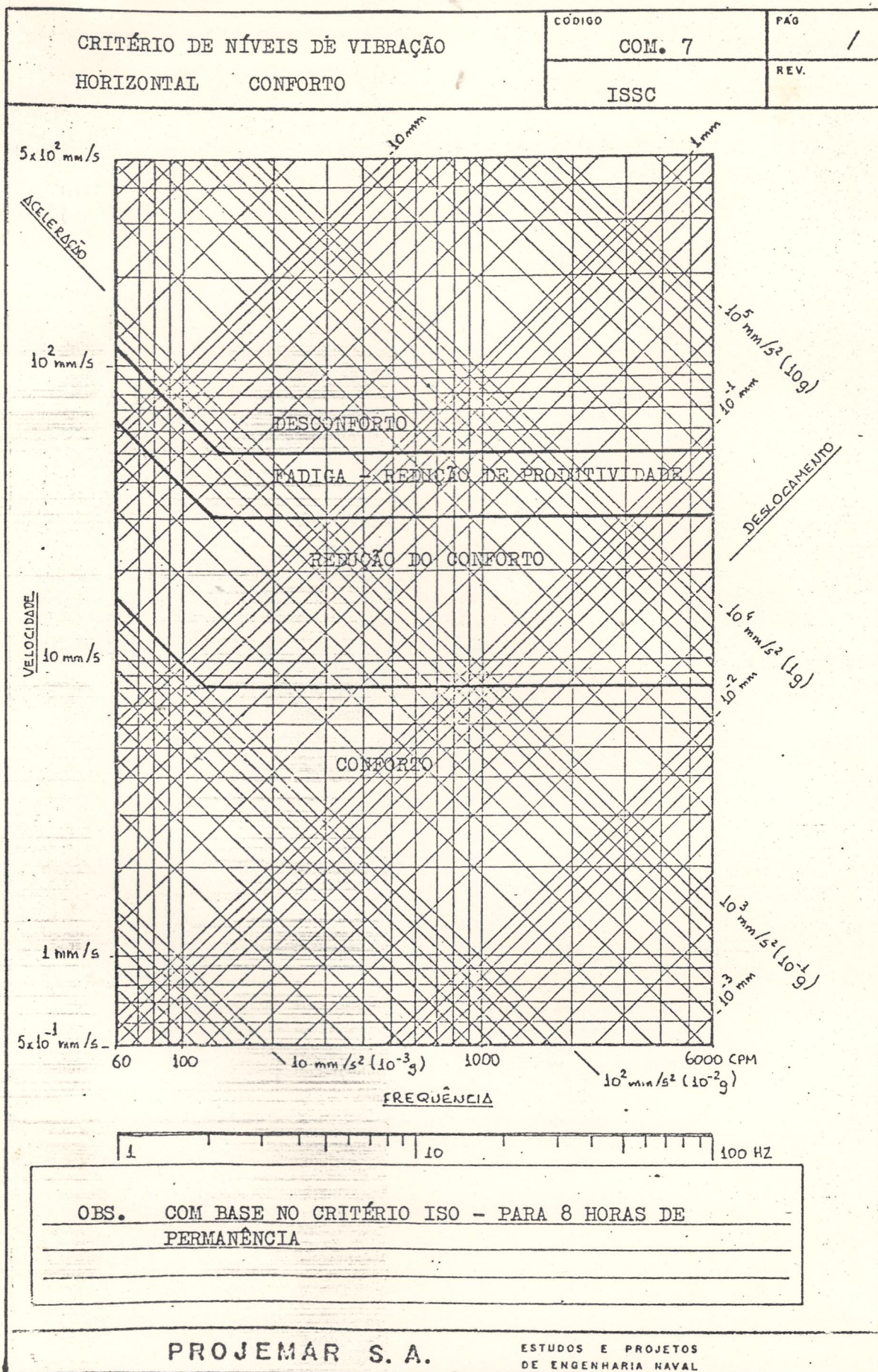
2.14.1 ORIGEM E EDIÇÃO

Este critério foi retirado do trabalho do COM. 7 do ISSC, publicado em junho de 1970.

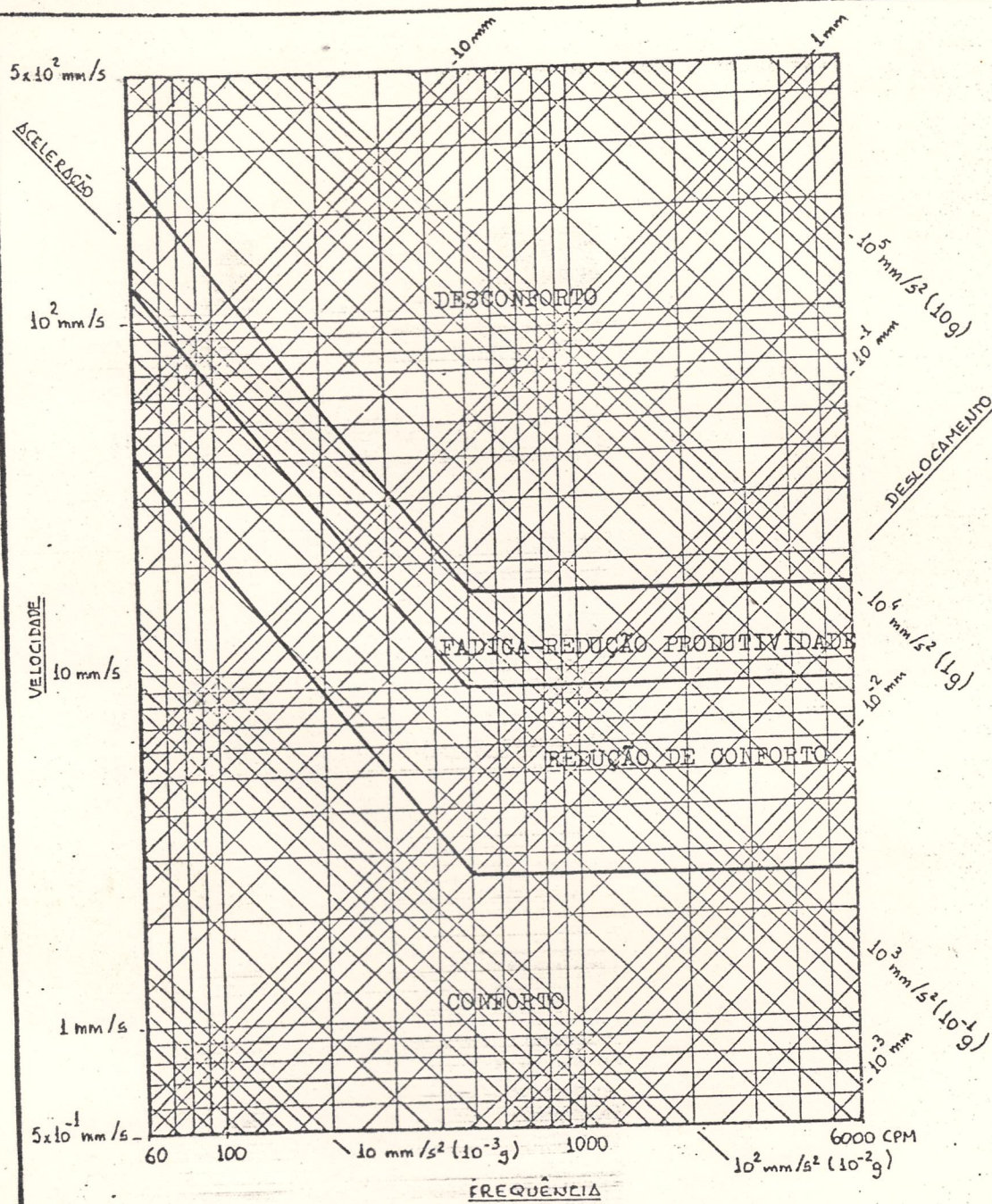
2.14.2 PARTICULARIDADES

Este critério tem base nos critérios da ISO para uma exposição diária de 8 horas tanto para vibrações verticais como para vibrações horizontais.

2.14.3 GRÁFICOS



CRITÉRIO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO VERTICAL CONFORTO	CÓDIGO COM. 7	PÁG /
	ISSC	REV.



OBS. COM BASE NO CRITÉRIO ISO - JUNHO 1970 PARA
8 HORAS DE PERMANÊNCIA

PROJEIMAR S. A.

ESTUDOS E PROJETOS
DE ENGENHARIA NAVAL

3. NORMAS E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS SOBRE NÍVEIS DE RUÍDOS

3.1 AGREEMENT ON SHIP NOISE PREVENTION CONCLUDED BETWEEN THE SHIPONNERS ASSOCIATION AND ALL JAPAN SEAMEN'S UNION

3.1.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta norma tem como país de origem o JAPÃO e vigora desde 01 de julho de 1975.

3.1.2 CAMPO DE AÇÃO

Todos os navios construídos a partir da data de emissão de 3000 GT em diante e tripulados por membros do All-Japan Seamen's Union.

3.1.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os limites superiores devem obedecer os seguintes valores:

a) Praça de Máquinas:

- Para GT 20.000: Sala de Controle: 75 dB (A);
Oficinas: 85 dB (A).

- Para GT 20.000: Os níveis de ruído devem ser reduzidos para valores mais próximos possíveis dos valores citados acima.

b) Acomodações:

Nestes limites estão incluídos os camarotes e a enfermaria.

- Para GT 65.000: 60 dB (A);

- Para 20.000 GT 65.000: 65 dB (A);

- Para GT 20.000: o ruído deve ser reduzido o mais próximo possível de 65 dB (A).

3.2 MARITIME ADMINISTRATION STANDARD SPECIFICATION FOR MERCHANT SHIP CONSTRUCTION

3.2.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta norma tem como país de origem os ESTADOS UNIDOS e vigora desde 01 de março de 1968.

3.2.2 CAMPO DE AÇÃO

O campo de ação desta norma é para navios mercantes em geral.

3.2.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os níveis de ruídos são referenciados pelas curvas NC.

a) Praça de Máquinas

Abaixo da curva NC-85 (aprox. 90 dB (A)).

b) Acomodações

- Camarotes e locais habitáveis: abaixo da curva NC-50 (aprox. 56 dB (A));

- Corredores e passagens: abaixo da curva NC-55
61 dB (A)).

(aprox.

3.3 RECOMMENDATIONS BY THE BRITISH SHIP RESEARCH ASSOCIATION (NS- 220 .
1968)

3.3.1 PAÍS DE ORIGEM E ANO DE EMISSÃO

Esta recomendação tem como país de origem a INGLATERRA e vigora desde 1968.

3.3.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta recomendação destina-se para os navios mercantes em geral.

3.3.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os limites de níveis de ruídos baseam-se nas curvas NR:

a) Praça de Máquinas

Abaixo da Curva NR-90 (95 dB (A)).

b) Acomodações

Camarotes e locais habitáveis:

Navios passageiros: NR-45 (50 dB (A));

Navios mercantes: NR-55 (60 dB (A)).

Passagem:

Navios passageiros: NR-55 (60 dB (A));

Navios mercantes: NR-65 (70 dB (A)).

3.4 CODE OF PRACTICE FOR NOISE LEVELS IN SHIP

3.4.1 ORIGEM E ANO DE EMISSÃO

Esta recomendação foi elaborada pelo DEPARTMENT OF TRADE, Marine Division da INGLATERRA em cooperação com a indústria naval daquele país e terminada em 1977.

3.4.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta recomendação é aplicada em todos os navios registrados na INGLATERRA.

3.4.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Esta recomendação baseia-se na curva de ponderação A e considera satisfatório que a curva NR não é maior que 5 abaixo do limite em dB (A).

a) Praça de Máquinas sem Sala de Controle

90 dB (A) ou a curva NR-85.

b) Praça de Máquinas com Sala de Controle

110 dB (A) ou a curva NR-105.

- c) Sala de Controle e Praça de Máquinas
75 dB (A) ou a curva NR-70.
- d) Passadiço
65 dB (A) ou a curva NR-60.
- e) Asa de Passadiço
65 dB (A) ou a curva NR-60;
68 dB na faixa de frequência centrada em 250 Hz;
63 dB na faixa de frequência centrada em 500 Hz.
- f) Sala de Rádio
60 dB (A) ou a curva NR-55.
- g) Copa e Cozinha
Com os equipamentos da cozinha desligados:
70 dB (A) ou a curva NR-65.

Os equipamentos instalados dentro da cozinha não devem passar individualmente de 80 dB (A) ou a curva NR-75, isto medidos os níveis sonoros a 1 m dos equipamentos.

- h) Locais de Trabalho não Específicos
90 dB (A) ou a curva NR-85.
- i) Camarotes e Enfermarias
60 dB (A) ou a curva NR-65.
- j) Salas de Estar, Escritórios, etc.
65 dB (A) ou a curva NR-60.
- l) Refeitórios, Salas de Recreação, Áreas de Recreação, etc.
65 dB (A) ou a curva NR-60 quando são adjacentes as acomodações e 75 dB (A) ou a curva NR-65 quando estão em convés aberto.
- m) Corredores, Vestiários, Banheiros, Lavanderia, etc.
80 dB (A) ou a curva NR-75.
- o) Apito de Navio
O nível de ruído no passadiço, na asa do passadiço, no tijupã não deve exceder, quando o apito estiver funcionando a 110 dB (A) e tanto quanto for possível não deve exceder a 100 dB (A).

3.4.4 LIMITES EXTREMOS DE RUÍDO

Os ouvidos desprotegidos não devem ser expostos a um nível de pressão sonora, medido em resposta "fast", superior a 135 dB, ou em caso

de ruído do tipo impulso, uma pressão sonora instantânea excedendo a 150 dB.

As outras partes do corpo não deverão ser exposta a uma pressão sonora, medida em resposta "fast", excedendo a 150 dB.

3.4.5 DOSE DE RUÍDO DIÁRIA MÁXIMA ACETIVÁVEL PARA OUVIDOS DESPROTEGIDOS

NÍVEL EM dB (A) (MENOR QUE)	TEMPO MÁXIMO DE EXPOSIÇÃO
85	sem limite
87	16 horas
90	8 horas
95	2 1/2 horas
100	50 minutos
110	5 minutos
120	30 segundos

3.5 REGULATIONS CONCERNING TOLERABLE NOISE LEVEL ON BOARD SHIPS (SBG)

3.5.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta norma tem como país de origem a ALEMANHA OCIDENTAL e vigora desde 01 de junho de 1978.

3.5.2 CAMPO DE AÇÃO

Seu campo de ação é dirigido para os navios tripulados por marinheiros alemães.

3.5.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os limites superiores não devem ultrapassar os seguintes valores:

a) Praça de Máquinas:

- sem sala de controle: 90 dB (A)
- com sala de controle: fora - 110 dB (A)
dentro - 75 dB (A)

b) Acomodações:

- camarotes: 60 dB (A)
- refeitórios e salas de estar: 65 dB (A)

c) Passadiço e Arredores:

- passadiço: 60 dB (A)
- asa de passadiço: 65 dB (A)
- sala do rádio: 60 dB (A)

3.6 DIRECTION RE PROTECTION AGAINST NOISE ON BOARD VESSELS

3.6.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta norma tem como país de origem a NORUEGA e vigora desde 01 de julho de 1974.

3.6.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta norma é aplicada para navios com propulsão própria de 100 GT para cima, excluindo barco pesqueiro e cabines de passageiros.

3.6.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os valores máximos permitidos são dados em dB (A):

a) Praça de Máquinas:

- praça de máquinas sem sala de controle: 90 dB (A)
- praça de máquinas com sala de controle: 110 dB (A)
- sala de controle: 75 dB (A)
- oficinas: 85 dB (A)

b) Passadiço e Arredores:

- passadiço: 65 dB (A)
- asa de passadiço: 70 dB (A)

c) Acomodações:

- camarotes: 60 dB (A)
- refeitórios e salas de estar: 65 dB (A)
- cozinha e copa: 70 dB (A)
- nível máximo de ruído permitido proveniente de utensílios: 75 dB (A).

3.7 REGULATIONS AND RECOMMENDATIONS OF THE NATIONAL SWEDISH ADMINISTRATION OF SHIPPING AND NAVIGATION ON NOISE ON BOARD SHIPS

3.7.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta recomendação tem como país de origem a SUÉCIA e vigora desde 01 de janeiro de 1976.

3.7.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta recomendação é aplicada para todos os navios exceto para iates e navios pesqueiros.

3.7.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os níveis máximos são dados em dB (A):

a) Praça de Máquinas:

- praça de máquinas sem sala de controle: 85 dB (A)
- praça de máquinas com sala de controle: 110 dB (A)

- sala de controle: 75 dB (A).
- b) Passadiço e Arredores:
 - passadiço: 65 dB (A)
 - asa de passadiço: 70 dB (A).
- c) Convês de Carga:
 - durante a carga e descarga: 65 dB (A).
- d) Acomodações:
 - excluindo os sons intermitentes: 55 dB (A)
 - com os sons intermitentes: 65 dB (A)
 - refeitórios e salas de estar: 65 dB (A)
 - copa, cozinha e salão de ginástica: 65 dB (A)
 - ruído máximo tolerado proveniente de utensílios: 70 dB (A).

3.8 REGULATION ON TECHNICAL PRECAUTIONS AND STANDARD OF PROTECTION AGAINST ACCIDENTS AT WORK FOR SEA GOING SHIP

3.8.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Este regulamento tem como país de origem a IUGOSLÁVIA e vigora desde julho de 1970.

3.8.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta norma é aplicada a navios de longo curso e a embarcações de serviço.

3.8.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os valores abaixo não devem ser excedidos, porém em análise em faixa de oitavas poderá exceder até 3 dB em apenas 1 oitava.

a) Praça de Máquinas:

- sala de controle a prova de ruídos: 75 dB (A)
- sala de controle comum: 85 dB (A).

b) Acomodações:

- para todos os casos: 65 dB (A).

3.9 WORK SAFETY CONDITIONS AND CREW ACCOMMODATION CONDITIONS IN SEA - GOING MERCHANT SHIPS

3.9.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Esta norma tem como país de origem a POLÔNIA e vigora desde setembro de 1973.

3.9.2 CAMPO DE AÇÃO

Esta norma é aplicada para navios mercantes em geral de 200 GT para cima.

3.9.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os níveis máximos são dados em dB (A). Numa análise em faixa de oitava, poderá exceder em 3 dB somente em até 2 oitavas.

a) Praça de Máquinas:

- sala de controle: 75 dB (A)
- oficinas: 90 dB (A).

b) Acomodações:

- camarotes, salas de estar, refeitórios e salas de recreação: 60 dB (A)
- passadiço e sala de ginástica: 60 dB (A)
- enfermaria: 55 dB (A).

3.10 REGULATIONS ON TOLERANCE OF NOISE ON BOARD SEA GOING VESSELS AND PREVENTION OF EVIL EFFECTS OF NOISE

3.10.1 PAÍS DE ORIGEM E DATA DE EMISSÃO

Este regulamento tem como país de origem a UNIÃO SOVIÉTICA e vigora desde 24 de setembro de 1962.

3.10.2 CAMPO DE AÇÃO

Este regulamento é aplicado a navios com propulsão própria e sem propulsão própria excluindo barcos esportivos.

3.10.3 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

Os navios são classificados em 4 classes:

- Classe I: navios com tempo de viagem ilimitado.
- Classe II: navios com tempo de viagem limitado até 24 horas.
- Classe III: navios com tempo de viagem de 6 a 24 horas.
- Classe IV: navios com tempo de viagem até 6 horas.

Os valores abaixo deverão ser tomados como valores críticos.

a) Praça de Máquinas:

- sala de caldeiras sem sala de controle: 85 dB (A)
- sala de caldeiras com sala de controle: 95 dB (A)
- sala de controle: 70 dB (A).

b) Acomodações:

- navios tipo classe I: 50 dB (A)
- navios tipo classe III: 55 dB (A)
- navios tipo classe IV: com camarotes: 60 dB (A)
sem camarotes: 65 dB (A)
- embarcações de serviço, etc.: 60 dB (A).

3.11.1 FONTES DE INFORMAÇÃO

Este critério foi retirado da revista Hansa, nº 22, 1977, pag.2013 e da publicação "controlling the noise problem-prediction measurements and remedies", pelo Det Norske Veritas em março de 1976. Tem como país de origem a ALEMANHA ORIENTAL.

3.11.2 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS

a) Praça de Máquinas:

- locais desguarnecidos: 105 dB (A)
- locais guarnecidos: curva NR 85 90 dB (A)
- sala de controle: 80 dB (A)
- oficinas: 90 dB (A).

b) Acomodações:

- camarotes, salas de estar, refeitórios, sala de rádio, passadizo: curva NR 55 60 dB (A)
- enfermaria: curva NR 50 55 dB (A).

3.12 COMENTÁRIOS SOB O ARTIGO "LES BRUITS ET LEUR ÉTUDE"

3.12.1 ENTIDADE RESPONSÁVEL E DATA DE PUBLICAÇÃO

Este artigo é de autoria de D. Cossé e publicado em dezembro de 1969 pelo BULLETIN TECHNIQUE DU BUREAU VERITAS, FRANÇA.

3.12.2 NÍVEIS DE RUÍDOS PERMISSÍVEIS APRESENTADOS

a) Praça de Máquinas:

É usualmente admitido que as pessoas que tenham uma jornada de trabalho numa atmosfera ruidosa e sujeiras a um nível de ruído que não exceda a curva NR 85, não sofrerão danos auditivos.

b) Sala de Controle:

Em alguns navios a sala de controle é também utilizada com "escritório" do pessoal de máquinas. Devido a este fato, lá estão guardados os planos do motor principal, isto faz que seja criado um ambiente para trabalho em condições satisfatórias para o pessoal deliberar a trocar idéias.

Por este motivo é que o nível de ruído não deve ultrapassar a curva NR 65. É admitido que se o nível sonoro exceder a curva NR 70, a sala de controle está insuficientemente isolada, caso tenha que oferecer um local "quieto" para a tripulação trabalhar.

c) Acomodações:

É as vezes impossível a bordo de certos navios obter um nível so noro correspondendo a curva NR 55. A curva NR 60 pode ser considerada como um limite aceitável e a curva NR 65 como limite máximo, acima da qual as acomodações são consideradas ruidosas.

d) Passadiço:

No presente, o seguinte critério pode ser considerado:

AVALIAÇÃO DO RUÍDO SEGUNDO AS CURVAS NR	IMPRESSÃO SUBJETIVA
> 75	RUIDOSO
75	ACEITÁVEL
70	NORMAL
65	CALMO

4. CONCLUSÕES

Após todas estas normas citadas, nota-se que desde o início da década de 70 os principais países marítimos, estão preocupados com os níveis de ruídos e vibrações mecânicas impostos à tripulação de seus navios.

5. BIBLIOGRAFIA

- "Ship's noise and countermeasures", Shibata, K., COPPE/UFRJ, PDD 12/78.
- "Noise and their studies", Cosse, D., Bulletin Technique du Bureau Veritas, Special English Essue, maio de 1970.
- "Controlling the noise problem-prediction measurement and remedies", Det Norske Veritas, março de 1976.
- "Code of practice for noise levels in ship", Department of Trade, London, 1977.