

MARINHA DO BRASIL

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

POLUIÇÃO DO AR CAUSADA POR NAVIOS

Pablo Francisco Montenegro Koerber

Rio de Janeiro
2012

MARINHA DO BRASIL

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

POLUIÇÃO DO AR CAUSADA POR NAVIOS

Pablo Francisco Montenegro Koerber

Orientadora: Prof^a Maria Cristina Soares Martins, MSc.

Rio de Janeiro
2012

MARINHA DO BRASIL

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

POLUIÇÃO DO AR CAUSADA POR NAVIOS

Trabalho de Conclusão apresentado ao Centro de Instrução Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento em Máquinas (APMA) da Marinha Mercante.

Aprovada em: ___ / ___ / _____

Rio de Janeiro
2012

Este trabalho é dedicado às pessoas que sempre me apoiaram e principalmente acreditaram em mim. A minha mãe Simone, meu irmão Diego e minha namorada Nádia que me ajudaram e tiveram paciência na conclusão deste curso. A meu pai Hugo que estaria muito orgulhoso por mais esta vitória.

*Tudo isto deve ser preservado para as
próximas gerações.(Epígrafe).
Joaquim Tenório*

RESUMO

Este estudo aborda a poluição do ar por navios de transporte de passageiro e carga, em todo o mundo, nos enfoques de saúde, ecologia, social e econômico. São brevemente analisadas as substâncias causadoras da poluição do ar e do efeito estufa, bem como as medidas que vêm sendo adotadas por diversos organismos em todo o mundo, visando limpar a atmosfera e impedir que ela continue sendo poluída por navios. Com esse objetivo, são mobilizados os esforços de diversas organizações para conscientizar as comunidades, os dirigentes, os estudiosos e as empresas da necessidade de manter limpo o ar que mantém vivo os seres humanos, outros animais e os vegetais que compõem a vida sobre a face do planeta.

Palavras-chave: Efeito Estufa. Emissões de gases. Navegação. Poluição do ar atmosférico.

ABSTRACT

This study addresses air pollution by passenger and cargo transport ships, throughout the world, in the health, ecology, social and economic approaches. The substances that cause air pollution and the greenhouse effect are briefly analysed, as well as the measures that have been adopted by several organizations around the world, aiming to clear the atmosphere and prevent it continue being polluted from ships smoke. With this aim, there have been mobilized efforts of several institutions to awake the communities, leaders, scholars and organization leaders to the need of keeping clean the air that maintain mankind alive, as well other animals and vegetables that compound the life on the face of the planet.

Key-words: Greenhouse effect. Emissions of gases. Navigation. Pollution of atmospheric air.

LISTA DE ABREVIATURAS

AsH ₃	Hidrogênio arsenical
BDN	Bunkering Delivery Note - Nota de Entrega de Abastecimento
BP	British Petroleum
C ₆ H ₆	Benzeno
CATF	Clean Air Task Force – Força Tarefa Ar Limpo
CEC	Commission of the European Communities
CFC	Clorofluorocarbonetos
CH ₂ O	Formaldeído
CH ₄	Metano
Cl ₂	Cloro
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CS ₂	Sulfeto de carbono
DPM	Materiais particulados do diesel
EEDI	Índice de Desenho da Eficiência de Energia
EPA	Agência de Proteção Ambiental
ESI	Índice de Navio Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
GEMS	Global Environmental Monitoring System
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
H ₂ S	Gás sulfídrico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HC	Hidrocarboneto
HCl	Ácido clorídrico
HCN	Acido cianídrico
HELCOM	Comissão de Proteção Ambiental Marítima do Báltico
HFC	Hidro-clorofluorocarboneto
HFO	Óleo combustível pesado
IAPH	Associação Internacional de Portos e Baías

IMO	International Maritime Organization – Organização Marítima Internacional
ISO	International Standards Organization
MARPOL	Convenção Internacional para Prevenção de Poluição por Navios
MIC	Methilisocianato
MP	Material particulado
NH ₃	Amônia
NO	Óxido de nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxido de nitrogênio
NTE	Não excedentes
O ₃	Ozônio
ONG	Organização Não Governamental
PAN	Peroxiacetilnitrato
Pb	Chumbo
PCB	Bifenil policlorinado
PH ₃	Hidrogênio fosforado
rpm	Rotações por minuto
SECA	Área de Controle da Emissão de SO _x
SEEMP	Plano de Gerenciamento de Eficiência da Energia de Navios
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO ₃	Trióxido de enxofre
SO _x	Enxofre
Ton	Tonelada
UE	União Europeia
VOC	Volatile Organic Compound – Composto orgânico volátil
WHO	World Health Organization
WPCI	Iniciativa do Clima de Portos do Mundo

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Fig. 1: Esquema aceito para o funcionamento do Efeito Estufa	14
Fig. 2: Exposição esquemática da formação da camada de poluição no ar.....	17
Fig. 3: Limites de emissão de NOx.....	32
Fig. 4: Anexo MARPOL VI.....	33
Fig. 5: A navegação contribui grandemente para a emissão de SOx e NOx	36
Fig 6: Porcentual de gases do efeito estufa	37
Fig. 7: Emissões anuais de NOx, OX e CO ₂ no Mar Báltico.....	38
Fig. 8: Navio ecológico, conforme a Helcom	39
Fig. 9: O navio limpo significa transporte marítimo sustentável.....	42
Fig. 10: Poluição do ar por plarticulados	44
Fig. 11: Porto de Los Angeles em operação	46
Quadro 1: Tempo de permanência e concentrações de poluentes	21
Quadro 2: Efeitos dos poluentes à saúde	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de emissão de NOx.....	31
Tabela 2. MARPOL Anexo VI.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS	16
2.1	POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	16
2.2	POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	19
2.3	EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	26
3	NORMAS E REGULAMENTOS INTERNACIONAIS	29
3.1	IMO/MARPOL	29
3.2	EXIGÊNCIAS DA QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL	40
4	SOLUÇÕES PROPOSTAS	42
4.1	O PROJETO <i>CREATING</i>	42
4.2	A CATF – <i>CLEAN AIR TASK FORCE</i>	43
4.3	O PROGRAMA CLEAN AIR NO PORTO DE LOS ANGELES	45
	CONCLUSÃO	49
	REFERENCIAS.....	50

INTRODUÇÃO

O trabalho tem como tema a poluição do ar causada por navios e a seguinte preocupação: como minimizar o impacto gerado pelas operações dos navios com relação ao meio ambiente?

Ergue-se então a hipótese de que a poluição do ar causada por navios pode ser minimizada através de uma melhor fiscalização por parte dos órgãos responsáveis, nesse caso a Capitania dos Portos, visto que ainda hoje boa parte das embarcações não segue os requisitos exigidos por lei (MARPOL), pelo maior investimento nos navios denominados “clean class”, os quais visam um melhor rendimento dos equipamentos (principalmente os motores principais) para diminuir os gastos e a poluição e ainda investimentos que aproveitem os recursos naturais tanto para ajudar na propulsão como na geração de energia, uma vez que essa é gerada pela queima de combustível a bordo.

O objetivo geral da pesquisa é demonstrar que é possível a diminuição da poluição do ar sem diminuir a produtividade das embarcações.

Os objetivos específicos são os seguintes: a) identificar meios sustentáveis na diminuição da poluição do ar causada por navios; b) mostrar regras vigentes para prevenção da poluição do ar segundo a MARPOL; c) abordar pesquisas científicas feitas sobre a poluição do ar causada pela queima do combustível.

O transporte marítimo é uma engrenagem da economia mundial, assim sendo o melhor seria planejar agora estratégias avançadas, práticas, com que se possa trabalhar, do que esperar pela inevitável imposição súbita no futuro de legislação ambiental mais exigente.

O mundo está mudando e é responsabilidade da indústria marítima mudar com ele ou, então, a navegação começará a ser ultrapassada por outros modais de transporte que se preparem melhor para os desafios do futuro.

As águas costeiras recebem uma variedade de poluentes que vão desde resíduos de petróleo até pesticidas e sedimentos em excesso. As águas marinhas também recebem resíduos diretamente de atividades offshore, tais como descargas baseadas no oceano (por exemplo, de navios e de operações em alto mar de óleo e gás).

A crescente preocupação da comunidade internacional com a proteção do meio ambiente tem trazido à baila a poluição do ar causada pelas embarcações. Em

conseqüência, o Anexo VI da MARPOL, que recentemente entrou em vigor, já está sendo alvo de uma série de modificações que deverão entrar em vigor; já está prevista a introdução, no menor prazo possível, de uma nova parte B para o Anexo VI, que tratará especificamente dos gases relacionados com o efeito estufa, conforme a Figura 1.

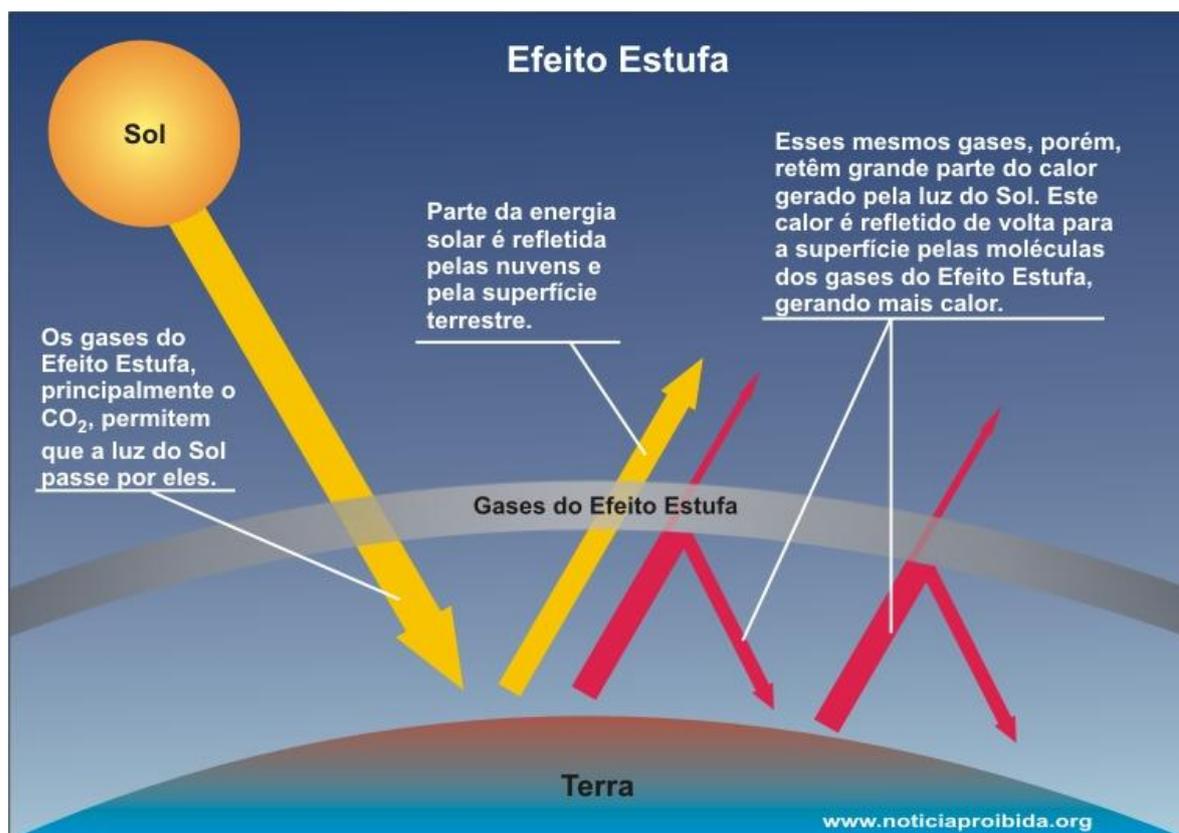


Figura 1 – Esquema aceito para o funcionamento do Efeito Estufa.
Fonte: <http://www.google.com/>

Em vista disso, alguns analistas têm acusado o modal marítimo como grande vilão da poluição do ar quando, na verdade, comprovadamente ele é o modal menos poluidor, com a exceção dos dutos. Isto se deve à alta eficiência do sistema para transporte de carga em termos de poluição e de consumo de energia.

Segundo o anexo IV da MARPOL 73/78 que entrou em vigor em 01 de julho de 2010 (regras para prevenção da poluição do ar causado por navios), traz restrições com relação ao tipo de combustível usado nas embarcações, devendo possuir um nível limite e reduzido de enxofre em sua fórmula, a proibição do uso de

incineradores em águas brasileiras, etc. Para isso a Capitania dos Portos é responsável por vistorias periódicas e fiscalização de certificados para garantir que tais regras sejam cumpridas.

Uma das soluções que apareceram no meio marítimo para minimizar o impacto ambiental provocado pelas descargas dos motores dos navios são as células fotovoltaicas aproveitando a energia solar para suprir parte do consumo do navio. Esta tecnologia mostrou-se promissora para navios com uma área de convés livre como é o caso dos navios que transportam automóveis (navios roll on roll off), como o navio cargueiro Auriga Leader, que obtém 10% de toda sua energia das 328 placas solares instaladas em seu deck.

O tipo de pesquisa empregada no trabalho foi exploratória onde utilizou-se documentos, revistas, livros e artigos da internet priorizando-se assim, melhor entendimento da situação atual do problema e possíveis mudanças, ajudando assim a transmitir de uma melhor forma o tema abordado.

2 POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS

2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A atmosfera, camada de ar que envolve o planeta Terra, trata-se de um composto gasoso com mais de mil quilômetros de espessura que envolve o globo terrestre. O ar constitui a camada da atmosfera que fica em contato com a superfície da Terra. Esta camada é denominada troposfera e tem cerca de doze quilômetros de espessura (MOREIRA, 2007).

O ar é um recurso natural indispensável ao homem, aos animais e à vegetação, sendo, portanto, essencial à manutenção da vida na Terra. Mas, além de respirar o ar, o homem aprendeu também dele se serve para a combustão, alimentando a geração de energia utilizada na comunicação, no transporte, em processos industriais e na diluição e dissolução de resíduos gasosos.

O ar atmosférico é constituído por uma mistura de gases, dos quais os principais são o nitrogênio (78,11%), oxigênio (20,95%), argônio (0,93%) e dióxido de carbono (0,03%). Encontram-se também na atmosfera gases, como o hidrogênio, o metano, o óxido nitroso e, mais raramente, os assim chamados gases nobres, como o neônio, o hélio e o criptônio. O ar contém, ainda, vapor d'água, ozônio, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, amônia, monóxido de carbono, partículas sólidas em suspensão e outros componentes, em concentrações variáveis, dependendo da frequência e da quantidade das atividades desenvolvidas pelo homem em dada região (MOREIRA, 2007).

Segundo, SEWELL (1978), o ar é considerado em sua situação normal mais de 99,99% do volume que são compostos de apenas quatro moléculas gasosas, nitrogênio (78,09%), oxigênio (20,94%), argônio (0,95%) e dióxido de carbono (0,03%), além de alguns poucos constituintes que se encontram em quantidades microscópicas, geralmente expressos em partes por milhão.

A humanidade vive, transita e desenvolve suas atividades na primeira camada deste grande lençol de ar. A grande maioria dos animais, inclusive o homem, depende desse ar que cada indivíduo respira 22 mil vezes por dia, e sem o qual não consegue sobreviver mais do que alguns minutos (MOREIRA, 2007).

No entanto, o ar é um dos elementos mais agredidos pelo homem, que o polui de forma intensiva. Mas, como não pode continuar vivo sem respirar, o ser humano

se vê forçado a utilizar o ar nas condições em que o mesmo se encontra no ambiente, muitas vezes com as características alteradas, sofrendo os efeitos do uso irresponsável e sofrendo os efeitos danosos que se refletem ainda sobre todos os outros animais, além dos vegetais e minerais.

Desde a Antiguidade, na era pré-cristã, já se manifestaram as primeiras inquietações com a qualidade do ar. Nessa época, as cidades já começaram a apresentar atmosferas com ar de qualidade indesejável, em virtude do uso do carvão como combustível. Esta situação foi-se agravando durante os primeiros séculos da era cristã, chegando, na Inglaterra do final do século XIII, a exigir que fossem realizados os primeiros esforços visando ao controle de emissão de fumaça, conforme a Figura 2, decorrente da expansão das indústrias no período da Revolução Industrial e do crescimento rápido e desordenado das cidades (MOREIRA, 2007).



Figura 2 – Exposição esquemática da formação da camada de poluição no ar
<http://www.google.com/>

A poluição do ar pode ser entendida como a presença ou lançamento no ar de matéria e energia que possam danificar o meio ambiente e comprometer o uso desse recurso natural. Como exemplo verifica-se, que desde a primeira metade do

século XX, um dos problemas sérios dos centros urbanos industrializados, com a presença cada vez maior de automóveis, são nuvens de fumaça expelidas pelos tubos de descarga de seus carburadores (MOREIRA, 2007).

Os efeitos da poluição excessiva só foram avaliados com maior preocupação quando casos de óbitos em cidades da Europa e Estados Unidos começaram a ser relacionados à poluição do ar. O primeiro desses episódios ocorreu em 1930, no vale de Meuse, na Bélgica, entre as cidades de Huy e Liège, região onde se concentra um grande polo industrial que ocupa uma área com aproximadamente vinte quilômetros de comprimento. Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro daquele ano, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes que permaneceram estacionados sobre a região. Foi observado então um significativo aumento do número de doenças respiratórias, ocasionando a morte de cerca de sessenta pessoas, até dois dias após o início da situação climática adversa.

Um caso parecido aconteceu nos últimos cinco dias do mês de outubro de 1948 na cidade de Donora, Pensilvânia, onde os produtos derivados da combustão das indústrias locais ficaram estacionados na atmosfera da cidade, devido à ocorrência de inversões térmicas que impediram a dispersão destes poluentes. Durante este período foram observadas vinte mortes ao invés das duas mortes que seriam consideradas normais em uma região com 14.000 habitantes (MOREIRA, 2007).

Durante o inverno de 1952, em Londres, um episódio de inversão térmica impediu a dispersão de poluentes gerados pelas indústrias e pelos aquecedores domiciliares que empregavam carvão como combustível. Uma densa nuvem de fumaça (mistura de gases e neblina), composta principalmente por material particulado e enxofre, em concentrações, até nove vezes superiores à média de ambos esses elementos, cobriu a cidade durante cerca de três dias, levando a um aumento de 4.000 mortes em relação à média de óbitos em períodos semelhantes, naquele local.

No início da década de 60, as autoridades norte-americanas criaram um programa federal de poluição atmosférica ligado ao Departamento de Saúde, Educação e Bem-estar Social dos Estados Unidos (EUA) (MOREIRA, 2007). Outras ocorrências de aumento súbito da poluição levaram os Estados Unidos a estabelecerem, ainda na década de 60, padrões de qualidade do ar, sendo então indicados os seis poluentes atmosféricos que passaram a ser controlados desde

então, a saber: partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e chumbo (Pb), (MOREIRA, 2007).

Para controlar a situação naquele país foi criada, em 1990, a Agência de Proteção Ambiental (EPA), que recebeu poderes para determinar os critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, tomando como base os efeitos prejudiciais à saúde que elas podem representar.

O episódio ocorrido em 1952 na cidade de Londres influenciou bastante o desenvolvimento de ações controladoras não só na Inglaterra, mas também em outros países da Europa. Em 1956, o Parlamento inglês, atribuiu às autoridades locais o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por outros geradores de energia, como eletricidade, gás ou óleo diesel (MOREIRA, 2007).

A Comissão de Comunidades Europeias - Commission of the European Communities – CEC, estabeleceu, em 1976, os padrões de qualidade do ar para SO₂, CO, NO₂, material particulado e oxidantes foto-químicos.

Apesar de todos os esforços visando aprimorar e colocar em prática e sob controle novas fontes de energia, para fins de proteção ambiental, outros episódios envolvendo o aumento das concentrações de poluentes atmosféricos continuaram a ocorrer, deslocando seu eixo cada vez mais para os países em desenvolvimento, como o Brasil, China e Índia.

No dia 3 de dezembro de 1984, em Bhopal, na Índia, um grande vazamento de metilisocianato (MIC) nas instalações da Union Carbide, próximas à cidade, causou a morte de, pelo menos, 1.700 pessoas por edema pulmonar (acúmulo de líquido no pulmão) repentino e fulminante, causado pela reação exotérmica do MIC com a umidade dos pulmões, (MOREIRA, 2007).

2.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

No Brasil, a Resolução CONAMA n. 003, de 28/06/1990, define como poluente atmosférico, qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características divergentes dos níveis estabelecidos, que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e à flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (MOREIRA, 2007).

Os poluentes do ar têm como fonte principal a combustão incompleta de combustíveis fósseis, para fins de transporte, aquecimento e produção industrial.

Estes podem ser de duas espécies: primários e secundários. Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente das fontes para a atmosfera, entre os quais: material particulado (fumos, poeiras, névoas); monóxido de carbono (CO); dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂); compostos de enxofre (SO₂ e H₂S); hidrocarbonetos; clorofluorcarbonos.

Já os poluentes secundários são formados na atmosfera por reações químicas a partir de poluentes primários. Destacam-se entre esses os oxidantes fotoquímicos, resultantes da reação entre os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio, na presença da luz solar (MOREIRA, 2007).

O ozônio (O₃) é o oxidante fotoquímico que provoca mais danos ao ambiente. Como oxidantes, podem ser citados também o peroxiacetilnitrato (PAN), o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e os aldeídos.

As impurezas dispersas na atmosfera se tornam poluentes, podendo apresentar-se em estado gasoso, sólido e líquido. Os fumos, as poeiras e as fumaças compõem os poluentes sólidos que se dispersam na atmosfera. As partículas líquidas encontradas são resultantes da condensação de vapores e das nebulizações líquidas. Os gases em geral, formam a parte mais importante, visto que facilmente se incorporam aos componentes normais do ar.

Os poluentes podem ser encontrados tanto em compostos orgânicos (hidrocarbonetos, aldeídos e as cetonas), como inorgânicos (ácido sulfúrico, ácido fluorídrico e amônia). As concentrações típicas de alguns poluentes, no ar limpo e poluído, bem como o tempo de permanência dos mesmos na atmosfera, podem ser comparados no Quadro 1.

Quadro 1 – Tempo de permanência e concentrações de poluentes

Poluente	Tempo de permanência	Concentração típica (ppm)	
		Ar limpo	Ar poluído
SO ₂	4 dias	0,0002	0,2
H ₂ S	< 1 dia	0,0002	---
CO	< 3 anos	0,1	40 – 70
NO/NO ₂	5 dias	<0,002	0,2
Hidrocarbonetos	---	<0,001	---
CO ₂	2 a 4 anos	340	400
O ₃	14 a 21 dias	0,03	0,5

Fonte: (MOREIRA, 2007)

A poluição do ar pode ser proveniente de fontes naturais, tais como vulcões, florestas (queimadas), decomposição anaeróbia de matéria orgânica, (desnitrificação por bactérias) e antrópicas (indústrias; meios de transporte; destruição e queima da vegetação, queima de combustível, queima do lixo, aplicação de agrotóxicos, fermentação de resíduos (dejetos, lixo), uso de *sprays*, refrigeração, fabricação de espumas plásticas, solventes; compostos radioativos), (MOREIRA, 2007).

Deve-se aos processos industriais a emissão de material particulado e vários gases poluentes no ar atmosférico, tais como óxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂); gás sulfídrico (H₂S); hidrocarbonetos e ácido clorídrico (HCl).

As indústrias são as fontes fixas mais significativas, ou de maior potencial poluidor. Também se destacam as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos, com elevado potencial poluidor. Existem ainda as fontes fixas naturais, como maresia e vulcanismo, que também podem influenciar a composição do ar.

Os veículos automotores, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas são as chamadas fontes móveis de poluentes atmosféricos. Os veículos se destacam nas cidades como as principais fontes poluidoras e são divididos em: leves de passageiro (utilizam principalmente gasolina ou álcool como combustível); leves comerciais (utilizam gás natural veicular (GNV) ou óleo diesel); e veículos pesados (somente de óleo diesel).

A combustão do carvão, do petróleo e da biomassa gera a produção de material particulado, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x).

Com a queima de lixo, são lançados na atmosfera: material particulado, óxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e ácido clorídrico (HCl).

A decomposição anaeróbica da matéria orgânica, presente no esgoto, no lixo e em dejetos de animais, produz gás sulfídrico (H₂S) e metano (CH₄), entre outros.

Os clorofluorcarbonos surgem dos processos de refrigeração, dos aerossóis, da fabricação de espumas plásticas e dos solventes usados na limpeza de circuitos eletrônicos.

A análise da distribuição de cinco principais poluentes do ar atmosférico, por fontes de emissão, revela que:

a) as emissões de óxido de enxofre são quase totalmente devidas à queima de combustíveis fósseis;

b) as emissões de óxido de nitrogênio distribuem-se em partes iguais entre a queima de combustíveis fósseis e os meios de transporte;

c) os compostos orgânicos voláteis têm como fontes mais importantes os processos industriais e os meios de transporte;

d) as emissões de particulados estão uniformemente distribuídas entre as diferentes fontes;

e) mais de 2/3 das emissões totais de CO, nos EUA, têm como fonte os transportes.

Os principais poluentes atmosféricos são:

l) Óxidos de carbono

O monóxido de carbono (CO) provém da queima incompleta de combustíveis fósseis. É o mais abundante poluente atmosférico, sendo altamente nocivo à saúde em ambientes fechados, como túneis e garagens. É um gás incolor, inodoro e insípido, passando despercebido em função dessas propriedades. É mais leve que o ar, sendo facilmente disperso na atmosfera, o que minimiza seus efeitos tóxicos. Apresenta densidade relativa 0,967 (MOREIRA, 2007).

O dióxido de carbono (CO₂) é um componente natural do ar atmosférico cujas concentrações vêm sendo aumentadas pelas crescentes queimadas e uso de combustíveis fósseis. Não sendo um gás tóxico, a não ser em concentrações muito

elevadas, o aumento de sua concentração na atmosfera é prejudicial devido a suas propriedades de gás estufa (MOREIRA, 2007).

II) Óxidos de Enxofre

O dióxido de enxofre (SO_2) é tradicionalmente originado na queima de carvão e óleo na geração de energia elétrica ou no aquecimento de ambientes, nas fábricas e nos veículos automotores. É um gás incolor que possui odor irritante e azedo. Tem efeito altamente irritante no trato respiratório e nas conjuntivas oculares. Nas plantas causa alterações na fotossíntese, causando, também, danos materiais de origem calcária (mármore, cimento etc.) (MOREIRA, 2007).

O gás sulfídrico (H_2S) é gerado pela decomposição anaeróbia de matéria orgânica, como a que ocorre em rios altamente poluídos por esgoto, podendo ser oxidado a dióxido de enxofre (SO_2), e contribuir como fonte de emissão deste poluente. São, ainda, fontes naturais de H_2S , os vulcões e as atividades geotérmicas (MOREIRA, 2007).

O dióxido de enxofre (SO_2), por meio de reação fotoquímica, pode ser transformado em trióxido de enxofre (SO_3), que na presença de vapor de água do ar atmosférico pode transformar-se em ácido sulfúrico (H_2SO_4), cuja ação química corrosiva é notada em metais e condutores elétricos. No homem pode provocar danos irreversíveis ao trato respiratório, e nos vegetais, lesões em suas folhas.

III) Compostos nitrogenados

Segundo Moreira (2007), os compostos nitrogenados mais abundantes são o NO, NO_2 e NH_3 , e outros óxidos de nitrogênio. O NO e o NO_2 são produzidos na combustão a alta temperatura e em diversas outras atividades industriais e, ainda, pela combinação de oxigênio e nitrogênio da atmosfera. Suas principais fontes de emissão são as descargas de veículos automotores e as usinas de energia que se utilizam de combustíveis fósseis.

Em virtude da radiação solar, o monóxido de nitrogênio (NO) é oxidado a dióxido de nitrogênio (NO_2). Este, por sua vez, na presença da luz solar, reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando o ozônio (O_3), sendo um dos principais precursores deste poluente na troposfera.

O NO_2 absorve a luz solar fundamentalmente na zona do espectro visível. Tem cor pardo amarelada e, em baixas concentrações, irrita levemente os pulmões.

Nas plantas, provoca diminuição da atividade fotossintética e, nos materiais, promove o ataque químico às pinturas.

O óxido nitroso (N_2O) é um gás incolor emitido quase que totalmente por fontes naturais. A queima de combustíveis sólidos é sua maior fonte antropogênica.

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são produzidos por fontes naturais, como os relâmpagos, a atividade microbiana no solo, a oxidação da amônia e os processos fotolíticos ou biológicos nos oceanos. Como fontes antropogênicas, têm-se a queima de combustíveis fósseis e de biomassa. A fim de manter um balanço global, existem “sumidouros” de NO_x , como as precipitações e a deposição seca (MOREIRA, 2007).

IV) Material Particulado (MP)

O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, sendo que a sua composição e tamanho dependem das fontes de emissão.

Cinzas e fuligem da combustão de carvão ou óleo, para a geração de energia e da incineração de resíduos, são as fontes mais comuns, porém a queima, pulverização e abrasão de qualquer coisa sólida, ou o respingo de um líquido costumam produzir partículas.

Os particulados presentes na atmosfera classificam-se em: finos, com diâmetro de $dp < 2,5$ mm; e, grossos, com diâmetro $dp > 2,5$ mm.

O tempo de residência dos particulados na atmosfera inferior varia de alguns dias a uma semana.

O material particulado é a forma de poluição mais perceptível, em virtude da interferência na visibilidade.

V) Compostos Orgânicos Voláteis – COVs (VOCs – Volatile Organic Compound)

Os COVs são hidrocarbonetos do tipo aldeído, cetonas, solventes clorados, substâncias refrigerantes, etc. A distribuição por fontes das emissões antropogênicas dos COVs é: processos industriais – 46% e transporte automotivo – 30% (MOREIRA, 2007).

Os hidrocarbonetos são de grande diversidade e sua tendência ao estado sólido aumenta com o número de carbonos, enquanto sua tendência ao estado gasoso diminui com a diminuição do número de carbonos.

VI) Ozônio (O₃)

O ozônio presente na troposfera, a porção da atmosfera em contato com a crosta terrestre, é formado por uma série de reações catalisadas pela luz do sol (raios ultravioleta) envolvendo, como precursores, óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos, derivados de fontes de combustão móveis, como os veículos automotivos, de fontes estacionárias, como usinas termoelétricas, e até mesmo fontes naturais como as árvores, que contribuem na produção de compostos orgânicos voláteis (MOREIRA, 2007).

O ozônio é um gás composto de três átomos de oxigênio, sem cor e com um característico cheiro de ar fresco, geralmente percebido durante as tempestades com trovoadas.

Existem três fontes naturais de ozônio. A principal delas está na estratosfera, onde a produção de ozônio decorre da reação fotoquímica da luz ultravioleta com o oxigênio. O ozônio é também produzido por relâmpagos, porém essa é uma fonte menor. A terceira forma de produzir ozônio é através de reações fotoquímicas que envolvem o óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos naturalmente emitidos pela vegetação (MOREIRA, 2007).

Embora nas camadas superiores da atmosfera o ozônio seja benéfico, nas camadas inferiores seus efeitos nocivos são sentidos pelas plantas e pelo próprio homem.

VII) Hidrocarbonetos (HC)

Os hidrocarbonetos são usualmente vapores não queimados, que se evaporam dos tanques de gasolina e são emitidos pelos escapamentos de veículos. Mas também podem ser os solventes em evaporação do asfalto, emissões gasosas de vegetação em estado de apodrecimento, ou o produto de qualquer reação que envolva matéria orgânica contendo carbono.

A importância dos hidrocarbonetos como poluentes atmosféricos deve-se a sua participação em reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera, com a formação de agentes poluidores secundários. Seus efeitos tóxicos são melhor sentidos próximo aos locais de emissão, como garagens e refinarias, podendo causar desde leve irritação das mucosas até condicionar o desenvolvimento de câncer (MOREIRA, 2007).

2.3 EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O problema da poluição do ar é intenso nas grandes cidades, especialmente naquelas localizadas nos países em desenvolvimento. Segundo uma avaliação do GEMS (*Global Environmental Monitoring System*), mais de $1,3 \times 10^9$ pessoas moram em cidades onde a concentração de particulados no ar ultrapassa os valores estabelecidos nos padrões da WHO (*World Health Organization*). Este valor, para o caso dos óxidos de enxofre, é de $1,2 \times 10^9$ pessoas. A WHO, com base na atualização dos dados obtidos no GEMS, chegou a conclusão que $1,6 \times 10^9$ pessoas correm o risco de condição saudável em consequência da poluição do ar (MOREIRA, 2007).

Nem sempre é uma tarefa fácil estabelecer uma relação direta entre determinado poluente e os efeitos que o mesmo provoca no ambiente. A dispersão do poluente no ar a medida que alcança sua concentração e o tempo de exposição ao mesmo, são alguns fatores que influem nos impactos que podem causar.

A poluição atmosférica pode resultar em impactos de alcances locais, regionais e globais (MOREIRA, 2007).

Os impactos locais são aqueles verificados nas áreas próximas às fontes de poluição, compreendendo:

I) Danos à saúde humana

Quando a concentração de poluentes do ar aumenta, sem que este seja adequadamente disperso pela ação da meteorologia, da topografia e de outros fatores, sérios problemas de saúde acabam ocorrendo.

A determinação da influência da poluição do ar na saúde humana é extremamente complexa e difícil. Exige uma avaliação quantitativa e qualitativa de grande número de fatores, tais como a concentração de poluente, duração da exposição, localização da sua atuação, efeitos sinérgicos ou antagônicos, tudo aliado à influência de fatores meteorológicos.

Na maioria dos países sujeitos à poluição do ar, estão sendo desenvolvidos estudos, visando determinar o grau de influência que os poluentes tem sobre a saúde humana. Os resultados encontrados vêm demonstrando que a poluição atmosférica constitui um risco evidente à saúde dos seres humanos (MOREIRA, 2007).

O grande problema enfrentado pelos técnicos é a determinação das substâncias poluidoras capazes de afetar a saúde humana e, em que concentração sua ação patogênica se faz sentir.

O efeito preciso da poluição do ar usualmente não pode ser previsto, porque uma pessoa normalmente está exposta a misturas de poluentes de ar. Alguns intensificam uma reação quando combinados, enquanto outros podem reagir mutuamente, reduzindo o efeito. Os fatores que influenciam a resposta humana podem incluir a idade de uma pessoa, sua saúde e desgaste físico, bem como a intensidade e duração da exposição (MOREIRA, 2007).

Os poluentes atmosféricos que podem exercer ações sobre o organismo humano, de acordo com sua fisiologia podem ser:

a) asfixiantes:

1) simples – substâncias que tomam o lugar do oxigênio em sua função vital. Exemplos: dióxido de carbono (CO_2), metano, etano e acetileno, nitrogênio, argônio e neônio (MOREIRA, 2007);

2) químicos – substâncias que podem provocar asfixia mesmo havendo oxigênio em quantidade suficiente no ar. Reagem no organismo humano e impedem a vital utilização do oxigênio do ar atmosférico. Exemplos: monóxido de carbono (CO), ácido cianídrico (HCN) e ácido sulfídrico (H_2S);

b) narcóticos – raramente se apresentam livres na atmosfera normal, são encontrados em ambientes confinados. Exemplos: clorofórmio, acetileno, benzeno, acetona, éter, hidrocarbonetos;

c) irritantes – produzem geralmente congestão, edema e inflamação. Raramente se apresentam na atmosfera livre sendo próprios de ambientes fechados. Exemplos: ácido sulfídrico (H_2S), ozônio (O_3), amônia (NH_3), formaldeído (CH_2O), dióxido de enxofre (SO_2), cloro (Cl_2), óxidos de nitrogênio (NO_x);

d) tóxicos sistemáticos – alguns atacam o sistema nervoso, outros o sistema formador do sangue ou o próprio sangue. Há ainda aqueles que prejudicam o fígado, os rins e outros órgãos. Exemplos: benzeno (C_6H_6), sulfeto de carbono (CS_2), hidrogênio arsenical (AsH_3) hidrogênio fosforado (PH_3), chumbo, mercúrio, bário, cádmio, cobre (MOREIRA, 2007);

e) efeitos do material particulado – vários efeitos são causados sobre o homem por pequeninas partículas. Alguns pesquisadores são de parecer que pode haver estreita relação entre o aumento de fuligem no ar e o aumento de casos de

pneumonia. Exemplos: surto de asma verificado em Bauru, em 1952, atribuído à poeira de mamona; as partículas de chumbo no ar podem afetar nosso sistema central; alguns pólenes e certas poeiras podem produzir asma; partículas de arsênico, berílio, cádmio, chumbo, cromo, manganês lançados na atmosfera pela indústria podem contribuir para o aparecimento de câncer, além de perturbações cardíacas e outros processos patológicos (MOREIRA, 2007). No Quadro 2 a seguir está exemplificado alguns dos efeitos da poluição.

Quadro 2 : Efeitos dos Poluentes à Saúde

Poluentes Monitorados	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde
Partículas Inaláveis (MP10)	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Partículas em suspensão (poeira)	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol, marinho e solo. queimadas e poeiras diversas.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre SO ₂	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.
Oxidos de Nitrogênio NO ₂ e NO	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.
Monóxido de Carbono CO	Combustão incompleta de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.
Ozônio (O ₃)	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.

Fonte: INEA, 2010

3 NORMAS E REGULAMENTOS INTERNACIONAIS

3.1 IMO/MARPOL

A Convenção Internacional para Prevenção de Poluição por Navios (MARPOL) é a principal convenção internacional que abrange a prevenção da poluição do ambiente marinho feita por navios, por motivos operacionais ou acidentais.

A Convenção da MARPOL foi adotada em 2 de novembro de 1973 pela IMO – International Maritime Organization – Organização Marítima Internacional. O Protocolo de 1978 foi adotado em resposta a uma sucessão de acidentes com navios tanques em 1976-77. Como a Convenção da Marpol ainda não havia entrado em vigor, o Protocolo MARPOL 1978 absorveu a Convenção geradora. O instrumento combinado entrou em vigor em 2 de outubro de 1983. Em 1997 foi adotado um Protocolo para emendar a Convenção e um novo Anexo VI foi adicionado, o qual passou a vigorar a partir de 19 de maio de 2005. A MARPOL foi então atualizada por emendas no decorrer dos anos (SKUL, 2005).

A Convenção inclui regulamentos que se destinam a prevenir e minimizar a poluição provocada por navios – tanto a acidental quanto a causada por operações de rotina – e atualmente inclui seis Anexos técnicos. Áreas especiais com controles estritos sobre descargas operacionais estão incluídas na maioria dos Anexos (SKUL, 2005).

Os regulamentos estabelecem um limite de 4,5% sobre o teor de enxofre do óleo combustível que se aplica em todo o mundo desde 19 de maio 2006. A maioria do óleo combustível fornecido atualmente se encontra dentro deste limite. Entretanto, um limite significativamente mais baixo está sendo tolerado nas Áreas de Controle de Emissão de SO_x, no Mar Báltico, onde o limite de enxofre é de 1,5% desde maio de 2006 (SKUL, 2005).

O óleo combustível fornecido aos navios deve também estar livre de ácidos orgânicos ou qualquer substância adicionada que possam pôr em risco a segurança do navio, prejudicar o pessoal de bordo ou contribuir para maior poluição do ar.

Muitos proprietários e um número crescente de fretadores vêm participando de programas de teste de combustível e não deverão usar bunkers até terem recebido resultados de testes satisfatórios. A participação em um esquema de

análise do combustível, e a não utilização de novos bunkers fornecidos até que os resultados dos testes sejam recebidos, será um dos fatores relevantes que a Associação irá considerar, caso surjam reclamações relacionadas ao bunker (SKUL, 2005).

Os regulamentos também impõem que os fornecedores de bunkers produzam uma nota sobre a entrega do bunker, com a informação prescrita. Uma amostra deve ser dada ao navio que tiver sido tomado de acordo com as Normas emitidas pelo Comitê de Proteção Ambiental Marítima do IMO (MEPC96(47)). A nota de entrega do bunker deve ser retida a bordo por pelo menos três anos e a amostra por doze meses (SKUL, 2005).

É a aceitação dessas exigências que tende a criar problemas, e não o limite de teor de enxofre inicial de 4,5%. Os proprietários devem estar preparados para que esses itens sejam checados como parte do controle estatal do porto.

Os fornecedores em estados que façam parte do MARPOL Anexo VI são obrigados a atender às exigências acima e se registrarem junto à autoridade apropriada. Entretanto, a maioria dos fornecedores de bunker acham-se situados em estados que ainda não fazem parte dos novos regulamentos. Isto não impede os fornecedores de aderir voluntariamente. Os proprietários ou fretadores temporários podem tentar impor uma obrigação contratual a seus fornecedores sempre que foram locados usando uma cláusula adequada no acordo de compra (SKUL, 2005).

Um mercado com obrigação dupla pode desenvolver-se com fornecedores de alta qualidade aderindo às exigências em todos os casos. Entretanto, no futuro, é claro que alguns fornecedores não irão aderir às exigências do Marpol Anexo VI. Isto representa um problema para ambos: proprietários e fretadores por tempo limitado. Um navio que seja incapaz de obter uma amostra apropriada ou uma nota de entrega de bunker de um fornecedor em um estado que não faça parte do MARPOL Anexo VI pode encontrar problemas durante um controle estatal do porto em um estado onde o Anexo VI não esteja sendo cumprido.

Não está claro como os inspetores estatais do porto irão lidar com essa situação. Entretanto, pode servir de alguma ajuda se o navio puder documentar que esses esforços foram feitos no sentido de aderir e tiver sido feito algum protesto. Os Serviços de Petróleo DNV têm sugerido que, se o navio participar do programa de testes, o relatório do teste de qualidade do combustível deverá ficar disponível junto com a nota de entrega do bunker do fornecedor, se existir. Este relatório deverá

confirmar o nível de enxofre do combustível entregue, a qualidade do óleo combustível de acordo com o ISO 8217 e a quantidade do bunker baseada onde aplicável na nota de entrega do bunker do fornecedor e nas informações da tripulação (SKUL, 2005).

Tendo em vista os desafios enfrentados por ambos, proprietários e fretadores temporários, a Intertanko publicou uma cláusula para uso dos fretadores temporários. Esta cláusula confirma que os proprietários irão obedecer aos limites de emissão constantes do Marpol Anexo VI e quaisquer leis ou regulamentos similares. Por sua vez, é colocada a obrigação nos fretadores para assegurar que seus fornecedores irão suprir com bunkers que permitam que os proprietários atendam aos controles de emissão. Os fornecedores deverão também aderir às exigências dispostas no Anexo VI em relação à amostragem e às notas de entrega de bunker. Os fornecedores nos estados em que o Anexo VI estiver em vigor deverão ser registrados (SKUL, 2005).

Conforme informações prestadas por Michael F. Pedersen, da Man Diesel A/S, em 2011, os limites de emissão de NOx foram estabelecidos para motores diesel, dependendo da velocidade máxima de operação do motor (n , RPM), como mostrado na Tabela 1 e apresentado graficamente na Figura 3. Os limites Tier I e Tier II são globais, enquanto que os padrões Tier III se aplicam somente nas Áreas de Controle de Emissão de NOx (IMO, 2011).

Tabela 1. Limites de emissão de NOx, Anexo VI MARPOL

Tier	Ano	Limite de NOx, g/kWh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17,0	$45 \cdot n^{-0,2}$	9,8
Tier II	2011	14,4	$44 \cdot n^{-0,23}$	7,7
Tier III	2016*	3,4	$9 \cdot n^{-0,2}$	1,96

* Em Áreas de Controle de Emissão de NOx (os padrões de Tier II se aplicam fora das ECAs).

Fonte: IMO (2011)

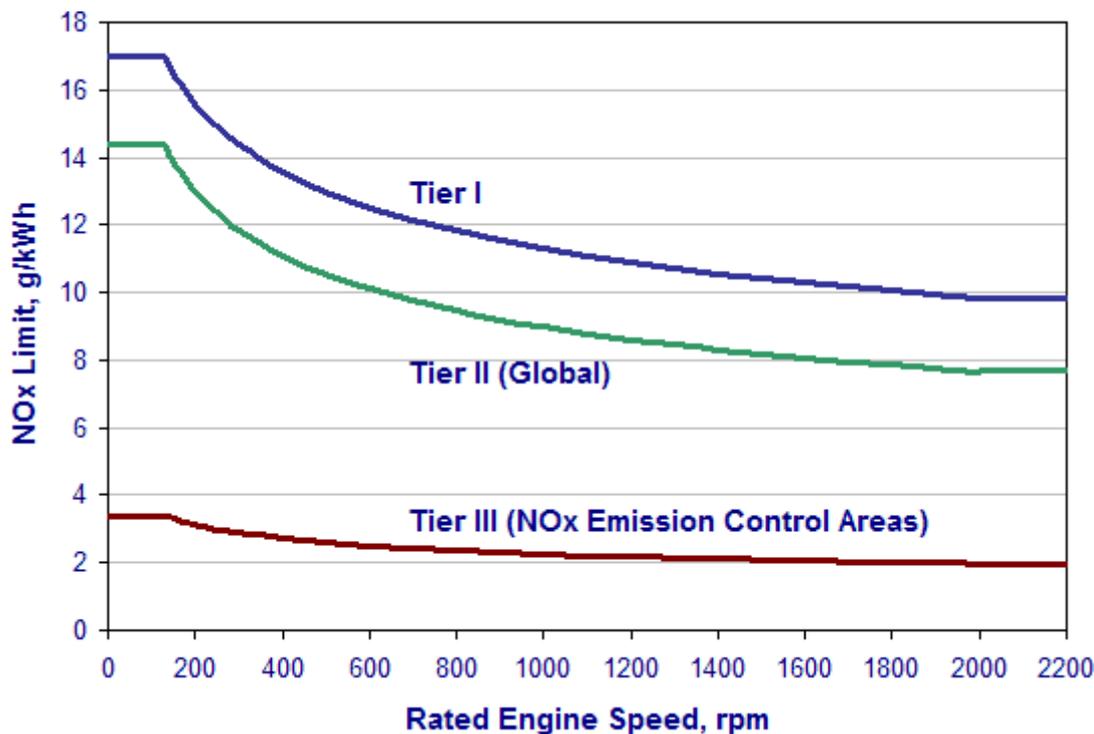


Figure 3. Limites de emissão de NOx - MARPOL Anexo VI.
Fonte: IMO (2011)

É esperado dos padrões Tier II que atendam à otimização do processo de combustão. Os parâmetros examinados pelos fabricantes do motor incluem tempo de injeção de combustível, pressão e cotação (formatação da cotação), área de fluxo da mangueira de combustível, tempo da válvula de exaustão e volume de compressão do cilindro (IMO, 2011).

Espera-se dos padrões Tier III que exijam tecnologias de controle da emissão de NOx dedicadas, tais como várias formas de indução de água no processo de combustão (com combustível, ar de limpeza, ou cilindro interno), recirculação do gás de exaustão ou redução catalítica seletiva.

Motores Pré-2000. Sob as emendas do Anexo 2008, os padrões Tier I se tornaram aplicáveis aos motores existentes instalados em navios construídos entre 1º de janeiro de 1990 e 31 de dezembro de 1999, com um deslocamento ≥ 90 litros por cilindro e saída cotada ≥ 5000 kW, sujeito à disponibilidade do kit de upgrade do motor aprovado (IMO, 2011).

Teste. As emissões do motor são testadas em vários ciclos ISO 8178 (ciclos E2, E3 para vários tipos de motores de propulsão, D2 para motores auxiliares de velocidade constante, C1 para motores de velocidade variável e auxiliares de carga).

A adição de exigências de teste not-to-exceed (NTE) (não excedentes) para os padrões Tier III está sendo debatida. Os limites NTE com um fator de 1,5 seria aplicável às emissões de NOx em qualquer ponto de carga individual no ciclo E2/E3.

Os motores são testados usando combustíveis diesel destilados, mesmo que combustíveis residuais sejam normalmente usados na operação na vida real.

Os regulamentos do Anexo VI incluem itens sobre o teor de enxofre do óleo combustível como uma medida de controle das emissões de SOx e, indiretamente, as emissões de material particulado (não há limites explícitos para a emissão destes materiais). Provisões da qualidade de combustível especial existem para as Áreas de Controle da Emissão de SOx (SOx ECA ou SECA). Os limites de enxofre e as datas de implementação vêm listados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 4 (IMO, 2011).

Data	SOx ECA	Global
2000	1.5%	4.5%
2010.07	1.0%	3.5%
2012		
2015	0.1%	0.5%
2020*		

Tabela 2. MARPOL Anexo VI – Limites de enxofre no combustível
* A data alternativa é 2025, a ser decidida em uma revisão em 2018.
Fonte: IMO (2011)

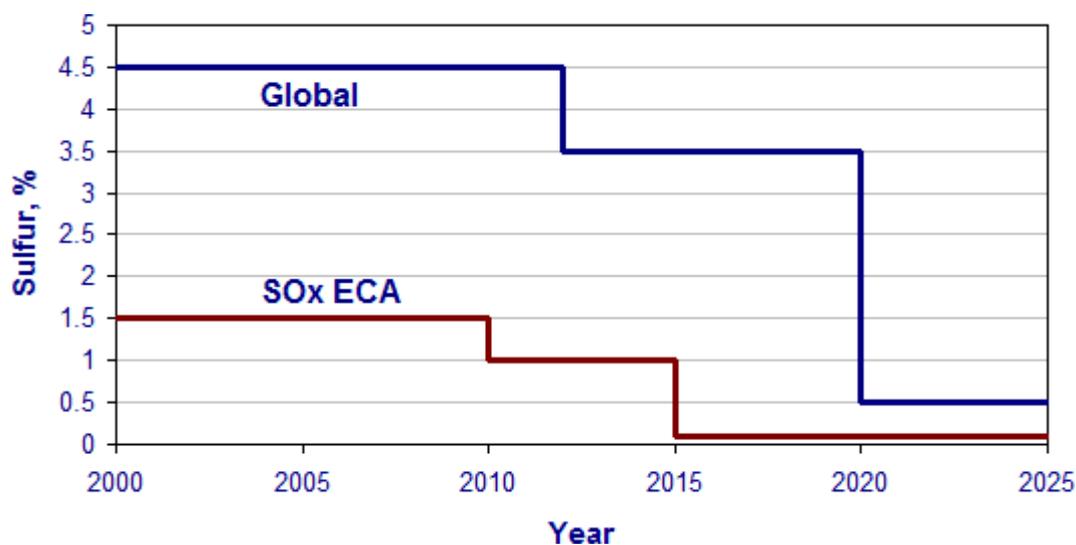


Figure 4. Anexo MARPOL VI – Limites de enxofre no combustível
Fonte: IMO (2011)

O óleo combustível pesado (HFO) é permitido, desde que atenda aos limites de enxofre aplicáveis (isto é, não há imposição de se usar combustíveis destilados).

Medidas alternativas são também seguidas (nos SOx ECAs e globalmente) para reduzir as emissões de enxofre, tais como o uso de purificadores. Por exemplo, em lugar de usar o combustível 1,5 S nos SOx ECAs, os navios podem adotar um sistema de limpeza de gás de exaustão ou usar qualquer outro método tecnológico para limitar as emissões de SOx até ≤ 6 g/kWh (como SO₂) (IMO, 2011).

Emissões de gás de estufa

A Anexo VI da MARPOL, no Capítulo 4, apresenta dois mecanismos obrigatórios destinados a assegurar um padrão de eficiência de energia para navios: (1) o Índice de Desenho da Eficiência de Energia (EEDI), para navios novos, e (2) o Plano de Gerenciamento de Eficiência da Energia de Navios (SEEMP), para todos os navios.

- O EEDI é um mecanismo baseado no desempenho que exige certa parcela de eficiência mínima de energia em navios novos. Os projetistas e construtores navais são livres para escolher as tecnologias que satisfaçam às exigências EEDI em um desenho de navio específico.
- O SEEMP estabelece um mecanismo para os operadores melhorarem a eficiência da energia dos navios (IMO, 2011).

Os regulamentos em pauta se aplicam a todos os navios com 400 toneladas brutas ou mais e entrará em vigor em 1º de janeiro de 2013. Existem flexibilidades no período inicial de até seis anos e meio após a entrada em vigor, quando o IMO pode renunciar ao acordo para atender ao EEDI em certos novos navios, tais como os que já se encontram em construção (IMO, 2011).

Outras provisões

O Anexo VI da MARPOL, proíbe a emissão de gases nocivos à camada de ozônio. Dentre essas substâncias encontram-se os clorofluorocarbonetos (CFC - encontrados nos aparelhos de ar condicionado e outros), os hidroclorofluorocarbonetos (HCFC) e os halons, que empobrecem a camada de ozônio e contribuem para o aquecimento global.

Novas instalações contendo substâncias depletoras de ozônio estão proibidas em navios, porém novas instalações contendo hidro-clorofluorocarbonetos (HFCs) serão permitidas até 1º de janeiro de 2020.

O Anexo VI também proíbe a incineração a bordo de certos produtos, tais como materiais de embalagem contaminados e bifenis policlorinados (PCBs).

O cumprimento das provisões do Anexo VI é determinado por inspeções e revisões periódicas. Tendo passado pelas revisões, o navio recebe um "Certificado de Prevenção da Poluição do Ar Internacional", válido por até 5 anos. Sob o "Código Técnico NOx", o operador do navio (e não o fabricante do motor) é responsável pelo cumprimento no uso (IMO, 2011).

As crescentes atividades náuticas contribuem significativamente para a poluição do ar e do mar na região do mar Báltico. As emissões de SOx de navios, devido à queima de combustíveis marítimos com alto teor de enxofre contribuem para a poluição do ar na forma de dióxido de enxofre e material particulado, contaminando o ambiente através da acidificação, bem como causando prejuízos à saúde humana, particularmente no entorno das áreas costeiras e dos portos (HELCOM, 2011).

As emissões de NOx pelos navios, como as emissões de SOx, causam deposições ácidas que podem ser prejudiciais ao ambiente natural e, mais importante, contribuem para a eutroficação. A navegação (nos mares Báltico e do Norte) está entre os maiores contribuidores para a deposição de NOx no mar Báltico. De acordo com estimativas recentes, as emissões totais de NOx por navios no Báltico foram de mais de 393 ktons de NOx em 2008. No período de 2000-2006, a navegação no Báltico foi o segundo maior contribuidor (com 9%) para a deposição de óxido de nitrogênio, e o quinto maior contribuidor (com 5%) para a deposição total de nitrogênio no Mar Báltico (HELCOM, 2011).



Figura 5 – A navegação contribui grandemente para a emissão de SO_x e NO_x na atmosfera
<http://www.cleanshipping.org/>

Em adição ao SO_x e NO_x, a navegação também vem contribuindo para as emissões de gases estufa (principalmente CO₂), substância depletoras de ozônio e compostos orgânicos voláteis (VOC), que são geradas principalmente durante as operações de carga de navios tanques nos portos.

No entanto, pode-se afirmar que o percentual de gases de efeito estufa da responsabilidade do transporte marítimo é pequeno quando comparado com outros setores industriais, conforme mostra a Figura 6.

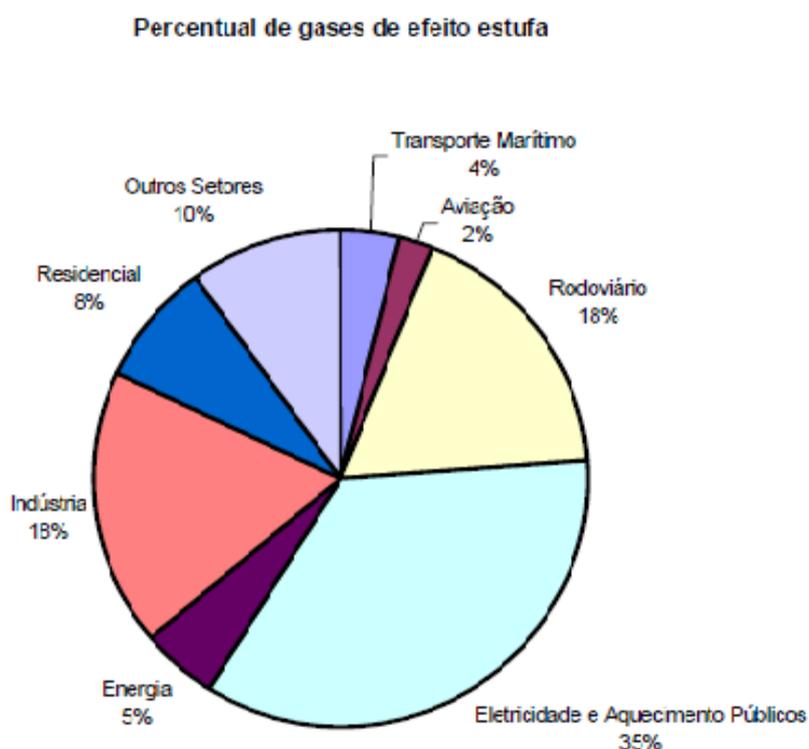
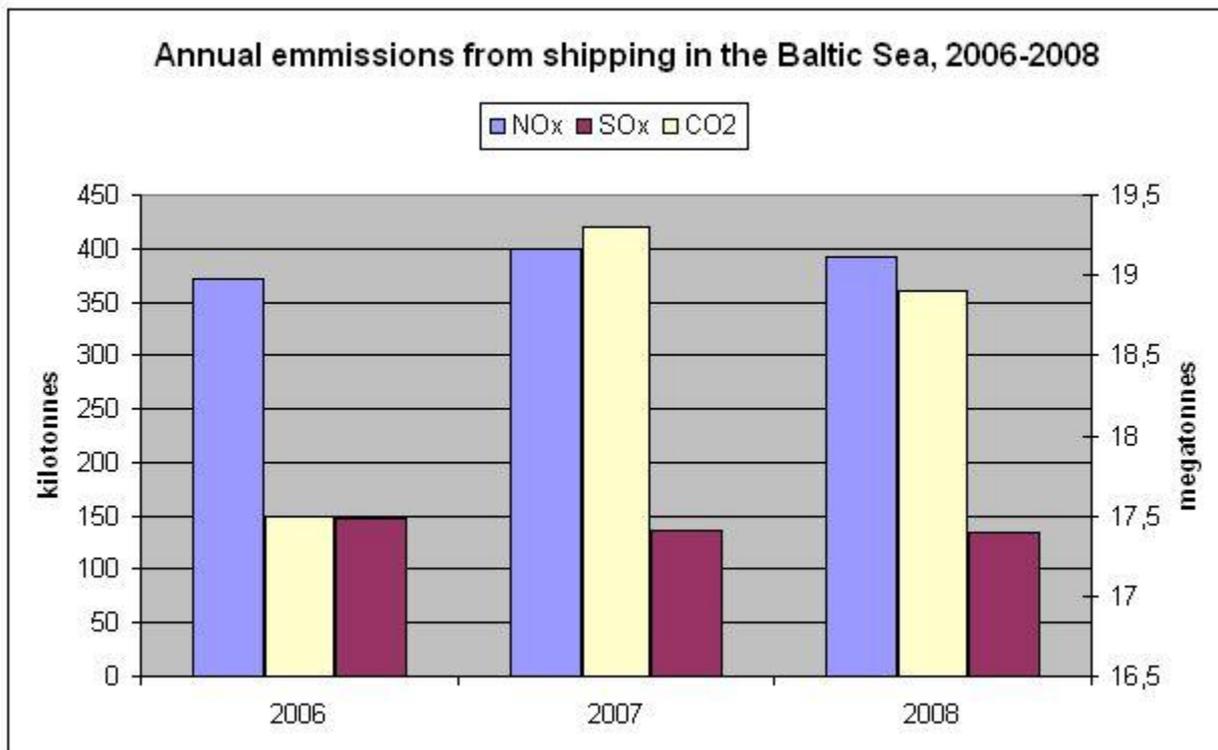


Figura 6 – Percentual de gases do efeito estufa
[http://www.syndarma.org.br/upload/A POLUI__O DO AR POR NAVIOS](http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI%C3%87%C3%83O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS)

Alguns analistas acreditam que, devido ao crescimento do transporte marítimo, em 2020 a quantidade de CO₂ da responsabilidade do transporte marítimo deverá crescer para mais de 2 bilhões de toneladas.

Globalmente, a poluição do ar causada por navios é regulada pelo Anexo VI da MARPOL 73/78, "Regulamentos para a Prevenção da Poluição do Ar por Navios". O Anexo VI da MARPOL 73/78 tornou o Báltico uma "área de controle da emissão de SOx", exigindo em 19 de maio de 2006 que todos os navios ou usem óleo combustível com teor de enxofre não excedendo 1,5% ou sistemas de limpeza de emissão atingindo padrões equivalentes. De acordo com o recém-revisado Anexo VI, o teor de enxofre de qualquer óleo combustível usado a bordo dos navios dentro do mar Báltico ainda mais reduzido, para 1,0 % m/m durante 2010 e chegando a 0,1 % m/m em 2015 (HELCOM, 2011).



**Figura 7. Emissões anuais de NO_x, Ox (em quilo toneladas) e CO₂ (em megatons).
da navegação no Mar Báltico, 2006-2008.**

A HELCOM, como é conhecida a Comissão de Proteção Ambiental Marítima do Báltico, é uma organização intergovernamental que comanda a Convenção de Proteção do Ambiente Marítimo da Área do Mar Báltico, também chamada Convenção de Helsinki. A HELCOM tem como objetivo a proteção do ambiente marítimo do Mar Báltico. As partes contratantes da HELCOM são: Dinamarca, Estônia, Comunidade Europeia, Finlândia, Alemanha, Letônia, Lituânia, Polônia, Rússia e Suécia (<en.wikipedia.org>, 2011).

Devido ao caráter internacional da navegação, as medidas adotadas na escala da HELCOM só terão um impacto limitado sobre as emissões vindas de navios no Báltico. Assim sendo, a HELCOM é a primeira de todas as organizações a tomar parte ativa em ações globais dentro da Organização Marítima Internacional (IMO) para reduzir a poluição do ar causada por navios (HELCOM, 2011).

O apelo por exigências mais estritas do IMO faz parte do Plano de Ação do Mar Báltico HELCOM para reduzir drasticamente a poluição do mar e restabelece sua boa situação ecológica por volta de 2021, conforme a Figura 8.



**Figura 8 – Navio ecológico, conforme a Helcom.
Fonte: <http://www.sweship.se>**

Para a implementação das ações acordadas, os países da HELCOM aceitaram conjuntamente submeter-se ao IMO para apoiar o processo de revisão do Anexo VI, visando estreitar as exigências de emissão (MEPC 57/INF.14). O documento conjunto baseou-se nos resultados do programa de pesquisas estoniano-finlandês, proporcionando a primeira estimativa mais precisa das emissões atmosféricas vindas de navios no Mar Báltico, bem como um conjunto de cenários estimando o quanto a emissão de NOx por navios no Báltico seria reduzida se diferentes medidas de controle da emissão propostas pelo IMO fossem adotadas. Os cenários exibem que somente a proposta mais desafiadora – redução de 80% das emissões vindas de motores navais a diesel instalados em navios em ou após 1º de janeiro de 2015 poderia reverter a tendência gradativamente crescente de emissões de NOx em 2030. (Emissões de NOx vindas da navegação no Báltico e primeiras estimativas de seus efeitos na qualidade do ar e eutrofização do Mar Báltico). Assim sendo, os estados signatários da HELCOM estabeleceram um Grupo de Correspondência para coletar as informações necessárias para propor uma

designação IMO do Mar Báltico como uma Área de Controle da Emissão de NOx (NECA), pela qual dos navios construídos em ou após 1º de janeiro de 2016 e operando dentro de uma NECA seria exigido que reduzissem suas emissões de NOx em 80% em comparação com a situação atual. Para apoiar o trabalho do Grupo de Correspondência, foi realizado um estudo da HELCOM sobre o impacto econômico do NECA Báltico (2010) (NECA, 2011).

3.2 EXIGÊNCIAS DA QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL

O Regulamento 18 do Anexo VI refere-se à qualidade do óleo combustível fornecido pelos fretadores. As exigências são mais ou menos idênticas às exigências gerais de especificação de combustível do ISO 8217.

Os esclarecimentos das exigências do Regulamento 18 podem ser encontrados na Resolução MEPC 96 (47) "Normas para a amostragem de combustível para determinação do cumprimento do Anexo VI da MARPOL 73/78". Espera-se que as normas sejam usadas pelas autoridades de Controle do Porto Estadual como padrão para determinar o cumprimento. Orientação útil também é fornecida na publicação da INTERTANKO "Um Guia para abastecimento de Navios para os fins do Anexo VI da MARPOL", que pode ser obtido, em inglês, na loja virtual da INTERTANKO.

A Nota de Entrega de Abastecimento (BDN) deve registrar qualquer óleo combustível entregue a bordo para fins de combustão. Uma BDN deve ser apresentada para cada barcaça entregue e cada grau de combustível. O teor de enxofre (%m/m) deve ser especificado. Uma declaração deve ser assinada e certificada pelo representante do fornecedor do combustível, para o efeito de que o combustível esteja na conformidade dos Regulamentos 14 e 18.

A Resolução MEPC 96 (47) recomenda que o número do selo da amostra de combustível associada da MARPOL Anexo VI esteja incluído na BDN para fins de referência cruzada e que o volume da garrafa de amostra deve ser nunca inferior a 400 ml, devido à necessidade potencial de testagem repetitiva. A INTERTANKO recomenda que o volume da amostra nunca seja inferior a 750 ml. Deve ser observado pelos Fretadores que o propósito prático desta amostra é habilitar os

estados do porto a verificarem o teor de enxofre do combustível, bem como verificar que a qualidade do óleo combustível esteja de acordo com o Regulamento 18.

A amostra de combustível do Anexo VI não é para ser usada principalmente para fins comerciais. Os navios participantes de um esquema de teste de qualidade do óleo combustível, por exemplo, o DNV Petroleum Services, a amostra do Anexo VI deve ser considerado como a 4ª amostra (em adição à amostra enviada ao laboratório para teste, a amostra dos fornecedores, e a amostra retida a bordo). Guardar uma amostra do Anexo VI a bordo no caso de inspeções do Controle Estadual do Porto é uma boa prática.

Para satisfazer o Regulamento 18 do Anexo VI, a amostra de óleo combustível deve ser obtida por gotejamento contínuo no manifold do abastecedor do navio. A análise da amostra do Anexo VI a bordo deve normalmente ser realizada se tiver ocorrido um incidente com o navio em seguida ao abastecimento que possa ser relacionado à qualidade do abastecedor.

Os Supervisores de Classe, inspetores do Controle Estadual do Porto e os agentes de outras partes interessadas irão examinar minuciosamente a documentação e os registros a bordo (por exemplo, procedimentos de amostragem, procedimentos de troca de combustível, Livros Diários do Motor, BDNs etc.), bem como o inventário da amostra de óleo combustível.

Deve ser observado que as limitações do teor de enxofre se aplicam a todos os óleos combustíveis (óleos combustíveis pesados, óleos diesel marítimos e óleos de gás naval) e a despeito de seu uso a bordo, isto é, em motores de combustão, caldeiras, turbinas de gás etc.

Atualmente o teor de enxofre médio em Óleos Combustíveis Pesados (HFO) está na faixa de 2,7%. As indicações gerais tiradas dos dados de testagem do combustível mostram que somente 0,2% do combustível testado tinha um teor de enxofre excedendo os 4,5% exigidos. Entretanto, os testes também indicam que somente 4% dos óleos combustíveis fornecidos hoje têm um teor de enxofre de 1,5% ou menos. Tem sido estimado que a demanda pelo óleo combustível com baixo teor de enxofre nas Áreas de Controle de Emissão de SOx (SECAs) estará na faixa de 14-20 milhões de toneladas por ano, dos quais aproximadamente apenas 0,7 milhões de toneladas por ano está disponível atualmente, no Nordeste europeu.

4 SOLUÇÕES PROPOSTAS

4.1 O PROJETO *CREATING*

A barça de baixa emissão, combustível eficiente e amiga do ambiente "Victoria" pode ser vista na Figura 9, quando estava atracada no Porto de Bruxelas, ilustrando o quanto a tecnologia da navegação limpa está revolucionando a forma com que os bens são transportados na Europa (<http://www.energy-enviro.fi>, 2008).

A British Petroleum e o projeto de pesquisas financiado pela União Europeia "Creating" estão trabalhando juntos para desenvolver a navegação de cabotagem ambientalmente eficiente.

De acordo com o comissário Janez Potocnik, a balsa "Victoria", de 1.300 tons, é um objetivo essencial da pesquisa de transporte europeia. A navegação de cabotagem proporciona uma alternativa particularmente relevante, ambientalmente amigável e custo efetiva a outras formas de transporte de bens pesados na Europa.



Figura 9. O navio limpo significa transporte marítimo sustentável para o futuro.
Fonte: <<http://www.energy-enviro.fi>>, 2008

Os projetos financiados pela UE continuam a produzir resultados inovadores em campos tais como sistemas de propulsão alternativa mais eficiente e mais limpa, combustível mais limpo, otimização de rotas, bem como formas de casco aperfeiçoadas – todos esses elementos estão sendo usados atualmente pela indústria naval da UE (<http://www.energy-enviro.fi>, 2008).

O comissário da Victoria declarou ainda que é preciso que se olhe ainda mais à frente, e que se apoie a liderança europeia na produção de motores de embarcações, bem como no desenvolvimento de soluções de longo prazo usando tecnologia de célula combustível para produzir uma navegação mais limpa, mais ecológica e mais segura.

Para melhorar a eficiência do combustível, reduzir o uso de energia e ter emissões mais baixas, o navio usa tecnologias inovadoras para controle da velocidade, baixo uso de combustível de enxofre, redução catalítica seletiva e filtros do material particulado (<http://www.energy-enviro.fi>, 2008).

O projeto Creating é uma parceria única, que reúne 27 empresas e organizações de pesquisa de nove países europeus, incluindo a Wartsila, MAN Diesel e BP, que fornece o óleo lubrificante com que funciona a barcaça Victoria como um navio de demonstração.

Em adição ao projeto "Navio Maio Limpo do Mundo", outros projetos financiados pela UE têm conseguido obter avanços radicais no transporte aquático limpo, incluindo o METHAPU – Tecnologia de célula combustível de metanol para aplicações marítimas – e o HERCULES – Tecnologias inovadoras de motores marítimos para reduzir o consumo de combustível e as emissões para navios de alto curso (<http://www.energy-enviro.fi>, 2008).

4.2 A CATF – CLEAN AIR TASK FORCE

A CATF – Clean Air Task Force é uma organização não lucrativa dedicada à redução da poluição atmosférica, através de pesquisas, advocacia e colaboração com o setor privado, sediada em Boston, Washington, DC, e com escritórios em várias cidades dos Estados Unidos da América do Norte.

De 2005 a 2008, quando as nações representantes do IMO (Organização Marítima Internacional) se encontraram para revisar o tratado de 1009 que continha o primeiro regulamento internacional de poluição do ar causada por navios, a CATF – Força Tarefa Ar Limpo estava lá como o principal representante técnico da comunidade ambiental de ONGs. Essas negociações foram muito influenciadas pelo Compromisso 2007 da CATF, estudo independente que demonstrou que a poluição do ar por particulados vindos de navios de curso oceânico, conforme a Figura 10,

causa o número impressionante de 60.000 mortes prematuras por ano em todo o mundo, uma cifra projetada para crescer firmemente acompanhando o comércio mundial e o tráfego marítimo. A CATF também apresentou ao IMO um estudo de acompanhamento mostrando que a ação agressiva pelo IMO para reduzir a poluição do ar causada pela navegação (ação similar àquela que o IMO terminou assumindo), poderia reduzir a taxa de mortalidade prematura anual estimada causada pela navegação internacional em mais de 50% (<http://www.catf.us>, 2011).



Figura 10 - Poluição do ar por particulados vindos de navios de curso oceânico.
Fonte: <<http://www.catf.us>>

Foi por conta desses estudos e da atenção que eles receberam durante as negociações do IMO, que foi finalizado em 2008 os primeiros padrões significativos para poluição do ar causada pela navegação internacional. Esses padrões exigem reduções das emissões de óxido de enxofre e de óxido de nitrogênio nos próximos anos até 2016, conforme já detalhado anteriormente, nesse trabalho (<http://www.catf.us>, 2011).

Como reduções mais profundas do que as esperadas podem ser aplicadas antecipadamente sob as novas regras do IMO nas áreas costeiras designadas, a CATF solicitou aos Estados Unidos e a outros países desenvolvidos que designassem suas linhas costeiras como "áreas de controle de emissão". Em 2009, os Estados Unidos e o Canadá submeteram uma proposta conjunta ao IMO, para designar a maioria das águas costeiras da América do Norte fora das 200 milhas

como Áreas de Controle de Emissão. E em março do mesmo ano o IMO formalmente adotou a proposta norte-americana/canadense – uma atitude que irá salvar mais de 31.000 vidas por ano.

Para informar a negociação do IMO e o processo de estudo técnico, o CAFT forneceu informações detalhadas e comentários das políticas de forma generalizada e ajudou a firmar a tomada de decisão (<http://www.catf.us>, 2011).

Além de trabalhar com o IMO, o CATF também se esforçou para convencer a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e o Escritório de Recursos do Ar da Califórnia a avançarem com seus regulamentos de emissões da navegação. Nos últimos anos, a CARB promulgou regulamentos para reduzir as emissões de particulado de motores a diesel principais e auxiliares em navios de longo curso, bem como motor diesel em barcos costeiros e de cabotagem, menores. Por sua vez, o EPA promulgou novos limites da poluição do ar para novos motores a diesel de navegação costeira e interior, e no último ano finalizou os regulamentos para estreitar os limites em navegação com barcos de linhas oceânicas dentro das áreas de controle de emissão norte-americanas designadas.

Como o foco do trabalho do IMO mudou da poluição do ar para a mudança do clima, o CATF está lutando para chamar a atenção para os impactos climáticos das emissões de navios a carvão de pedra nas regiões do Ártico e suas vizinhanças. Estudos preliminares realizados pelo seu trabalho de modelagem atmosférica dão bastante confiança de que há benefícios em se defender junto ao IMO os controles sobre os navios. Nesta conexão, o CATF apoia firmemente a recente submissão ao IMO feita pelos Estados Unidos, Noruega e Suécia, para considerar as reduções de emissões de carvão de pedra de navios. Ao mesmo tempo, o CATF reconhece que ainda restam sem solução algumas questões, e pretende usar novos inventários da navegação para apoiar uma modelagem mais precisa dos impactos climáticos no Ártico causados pelas emissões produzidas pela navegação que utiliza carvão de pedra.

4.3 O PROGRAMA CLEAN AIR NO PORTO DE LOS ANGELES

O Porto de Los Angeles, como mostra a Figura 11, recentemente, tornou-se o primeiro porto marítimo da América do Norte e da Orla do Pacífico a adotar um

programa Clean Air (de ar limpo) internacional, que recompensa os transportadores oceânicos por trazerem seus navios mais novos e mais limpos para o Porto.

O Quadro de Comissários de Los Angeles aprovou formalmente um programa Índice de Navio Ambiental (ESI) para entrar em vigor em 1º de julho de 2012.



**Figura 11 – Porto de Los Angeles em operação com navio do programa Clean Air
Fonte: World Maritime News (2012)**

O ESI é uma ferramenta baseada na web desenvolvida pela Iniciativa do Clima de Portos do Mundo (WPCI), um projeto da Associação Internacional de Portos e Baías (IAPH). O programa ESI, já em execução em alguns dos maiores portos da Europa, oferece os benefícios imediatos e significativos do ar limpo recompensando os operadores de navios por aperfeiçoamentos voluntários do motor, combustível e tecnologia que reduzam as emissões dos navios além dos padrões ambientais obrigatórios estabelecidos pela IMO – Organização Marítima Internacional (worldmaritimenews, 2012).

As emissões de navios se constituem por si só a maior fonte de poluição do ar vinda de operações relacionadas ao porto. Embora as emissões de materiais

particulados do diesel (DPM) e o óxido de enxofre (SOx) de navios chegando ao Porto de Los Angeles tenha diminuído 68 por cento e 74 por cento, respectivamente, entre 2005 e 2010, Los Angeles vê o ESI como outro passo potente para encorajar a estruturação e emprego de navios de queima limpa na linha comercial da TransPacific.

"Ficamos orgulhosos de apresentar essa estratégia vencedora à América do Norte e à Orla do Pacífico", disse o prefeito de Los Angeles, Antonio Villaraigosa. "A ação de hoje mostra que nossa cidade continua a erigir seu compromisso de pensar globalmente e agir localmente" (worldmaritimenews, 2012).

"O ESI estabelece o padrão de ouro para a navegação ecológica e nós encorajamos outros portos a seguirem o exemplo", declarou a Diretora Executiva do Porto, Dra. Geraldine Knatz. "O maior sucesso desse programa está em sua adoção por quantos portos sejam possíveis, para aumentar o retorno dos operadores que queiram investir em ar limpo e maximizar os benefícios que a saúde representa para todos".

Quando sob o comando de Knatz, que dirige o WPCI e é a presidente atual do IAPH, o Porto de Los Angeles tem sido incansável no desenvolvimento do índice global. Como outros programas WPCI orientados para a redução da poluição por navios e gases estufa e na promoção de práticas sustentáveis, o ESI pode ser adaptado para enquadrar-se às exigências operacionais e regionais de um porto. Quatorze portos europeus adotaram o programa (worldmaritimenews, 2012).

O Porto de Los Angeles desenvolveu seu ESI com o ingresso da Associação de Navegação Mercante do Pacífico e outros investidores. Seu programa também se encaixa no Plano de Ação do Ar Limpo nos Portos da Baía de São Pedro, que estabelece alvos específicos ao nível de baías para redução da poluição no curto prazo até 2014 e objetivos de longo prazo até 2023.

Especificamente, os operadores cujos navios demandam o Porto podem ganhar um incentivo que vai de \$250 a \$5.220 por navio, por obedecerem a uma das três exigências seguintes:

- Atingirem 30 ou mais pontos ESI baseados nas especificações do motor de um barco e certificação de emissões; uso de combustível de baixo teor de enxofre, tecnologia de potência de costa a bordo pronta plug-in, e um Plano de Gerenciamento de Eficiência de Energia de Navio (SEEMP).

- Emprego de navios com um motor Tier II ou Tier III para o Porto de Los Angeles.
- Participação em um programa de demonstração para testar e melhorar a tecnologia de redução da emissão de navios (worldmaritimenews, 2012).

Os incentivos serão pagos na base trimestral, com a primeira distribuição programada para outubro de 2012. Para os primeiros sessenta meses do programa, os navios podem qualificar-se para o primeiro incentivo com um escore de 25 pontos. O patamar inicial mais baixo destina-se a encorajar a participação mais antecipada e a ajudar os operadores a familiarizarem-se com o website da ESI e com o relato das exigências (worldmaritimenews, 2012).

CONCLUSÃO

Pode-se perceber, nos textos analisados nessa pesquisa, a grande evolução da percepção em todos os países do mundo quanto à necessidade de tomada de medidas e decisões que certamente impõem um grande esforço no sentido de pesquisar e colocar em prática regulamentos que venham a restringir a poluição causada ao ar atmosférico pela navegação.

A humanidade não pode, de forma alguma, prescindir da navegação, para transportar pessoas e riquezas de seu ponto de origem até aonde tenham que desempenhar suas funções, alimentando, vestindo, protegendo, preservando a saúde das populações distantes umas das outras.

Mas, a continuação da situação vigente até a alguns anos, resultaria na contaminação total da atmosfera, que também significaria, e de forma muito mais extrema, o fim das atividades humanas, pela dizimação dos povos e da civilização como a conhecemos.

Felizmente muitas organizações e governos vêm tentando modificar esse quadro. Nossa esperança, como brasileiros, é que os órgãos responsáveis pelo controle e fiscalização da poluição do ar cumpram sua missão de garantir a vida e a saúde das populações atuais, para que esta geração possa deixar como herança para as que a sucederem um planeta economicamente promissor, porém dentro dos limites impostos pela própria natureza para a manutenção da qualidade de vida dos humanos na face da Terra, a começar pela pureza do ar que se respira e sem o qual não pode haver a vida.

REFERENCIAS

CAAP. *San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan*. 2010. Disponível em: <<http://www.portlosangeles.org>>. Acesso em 30 mai 2012.

DIESELNET: Emission Standards. *International: IMO Marine Engine Regulations*. Disponível em: <<http://www.dieselnet.com>>. Acesso em 14 mai 2012.

ENERGY. *Clean Ship demonstrates sustainable waterborne transport for the future*. Disponível em: <<http://www.energy-enviro.fi>>. Acesso em 30 mai 2012.

HELCOM - Comissão de Proteção Ambiental Marítima do Báltico 2011. Disponível em: <<http://www.helcom.fi>>. Acesso em 10 abr. 2012.

IMO – International Maritime Organization. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. 2011. Disponível em: <<http://www.imo.org>>. Acesso em 15 mai 2012.

MARPOL Annex VI – Fuel Quality Requirements. *Steamship Mutual*. Disponível em: <<http://www.simsl.com>>. Acesso em 10 abr. 2012.

MOREIRA, Lenice Carrilho de Oliveira. *Comparação entre os poluentes atmosféricos e ruídos emitidos por uma caldeira flamotubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A*. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2007.

NECA. *Baltic NECA – Economic impacts, 2010*. Study report by the University of Turku, Centre for Maritime Studies. HELCOM. Air pollution from ships. Disponível em: <<http://www.helcom.fi>>. Acesso em 5 jun. 2012.

SJOFARTSVERKET. *Emission trading for Sulphur and Nitrogen Oxides – Means to Green Maritime Shipping*. 2007. Disponível em: <<http://www.sjofartsverke.se>>. Acesso em 5 jun. 2012.

SKUL. MARPOL Annex VI New Regulations – Prevention of Air Pollution. Disponível em: <<http://www.skuld.com>>. Acesso em 17 abr. 2012.

STEAMSHIP Mutual. *MARPOL Annex XV – Fuel Quality Requirements*. Disponível em: <<http://www.simsl.com>>. Acesso em: 7 jun. 2012.

WORLD Maritime News. Port of Los Angeles adopts Internationald Clear Air Program. 2012. Disponível em: <<http://worldmaritimenews.com>>. Acesso em 21 jul. 2012.

SEWELL, G. H. – Administração e o Controle da Qualidade Ambiental; original norte-americano: Environmental Quality Management. São Paulo, EPU, EDUSP, CETESB, 1978. 295p

INEA, Legislação Ambiental, disponível em: <www.inea.rj.gov.br, 2010>

POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS, disponível em: <http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI__O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf>