

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**ISABELLE GOMES SOARES**

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO NO MEIO  
AMBIENTE MARÍTIMO**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**ISABELLE GOMES SOARES**

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO NO MEIO  
AMBIENTE MARÍTIMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira  
Mestre em Meteorologia

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**ISABELLE GOMES SOARES**

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO NO MEIO  
AMBIENTE MARÍTIMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Graduação em Meteorologia e Mestrado em Meteorologia

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

À minha família, aos meus amigos e a Deus por todo o amor, coragem e fé.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço ao Ten Vinicius Oliveira pelos apontamentos e correções que ajudaram a elucidar esta pesquisa. Agradeço também ao corpo docente deste Centro de Instrução, por todo o conhecimento que conseguiram compartilhar, bem como e principalmente aos futuros colegas de profissão, com os quais tive o imenso prazer de conviver durante esses três anos, passando por momentos de quase toda a natureza e transformando nossa rotina em ensinamentos contínuos. Obrigada, amigos, por expandir minha percepção de mundo e permitir que este curso se tornasse ainda mais do que o proposto.

Uma vida boa é aquela inspirada pelo amor e  
guiada pelo conhecimento.

(BERTRAND RUSSEL)

## RESUMO

A navegação e o uso de meios de transporte que permitam esta atividade são considerados mais que ocupações, tradições do ser humano. Naturalmente e à medida das necessidades de um mundo cada vez mais conectado através do mar, a demanda por embarcações mais modernas e potentes aumentou gradativamente. Desde então, a eficiência energética destas embarcações foi prioridade. Contudo, recentemente a sociedade começou a se preocupar com até onde os possíveis danos ambientais causados por essa atividade podem ser ignorados em prol da eficiência destes navios. Esta preocupação impulsionou a criação de novas tecnologias desenvolvidas para reduzir a possibilidade de acidentes envolvendo a poluição marítima diretamente relacionada à atividade mercante. Neste trabalho, serão expostas algumas tecnologias que utilizam combustíveis alternativos ecologicamente corretos, equipamentos para o controle de situações de risco de poluição, ou mesmo sistemas capazes de reduzir a emissão de certos poluentes tradicionalmente emitidos nestas operações. Ao aplicar a energia eólica e solar em embarcações mercantes, foi possível observar que ambas atuam como uma fonte de energia complementar à tradicional, pois atualmente ainda carecem de tecnologia para suprir todas as necessidades de um navio. Vale ressaltar que estas alternativas para a prevenção da poluição deste meio ambiente são apenas sugestões, e cabe às empresas envolvidas na atividade marítima o zelo pelos recursos naturais cada dia tão mais escassos quanto necessários para toda a população mundial, atentando para o emprego de qualquer avanço e ferramenta que puder ser utilizada para este fim.

Palavras-chave: Poluição. Meio Ambiente. Tecnologia. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

The navigation and the use of transport facilities that allows this activity are considered more than simple occupations, human traditions. Naturally and following the necessities of a world each day more connected through sea, the demand for more modern and potent vessels have risen gradually. Since then, the energetic efficiency related to these vessels was the priority. However, the society recently began to worry about until when the possible environmental damages caused by this activity can be ignored in favor of its efficiency. This kind of concern has boosted the creation of new technologies developed to reduce the possibility of accidents involving maritime pollution directly related to the merchant activity. At this paper, it will be exposed some technologies that utilize alternative eco-friendly fuel, equipments used to control situations that presents risk of pollution or even systems that are capable to reduce the emission of certain pollutants traditionally emitted at this kind of operation. Applying eolic and solar energy in Merchant ships, it was possible to observe that both act as an auxiliary source of energy, complementary to the tradicional ones, because nowadays they still need technology to fill all the needs of a vessel. It is noteworthy that those alternatives for the prevention of this environment's pollution are just suggestions, and its up to the enterprises involved at the maritime activity to zeal for our natural resources, each day as more scarce as necessary for the whole worldwide population, attempting for the use of any improvement and tool that can be utilized for this objective.

**Key-Words:** Pollution. Environment. Technology. Sustainability.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais causas de vazamentos de óleo a bordo	17
Figura 2 – Quantidade de vazamentos de óleo por ano no mundo	19
Figura 3 – Funcionamento do rotor Flettner	21
Figura 4 – Navio E-Ship 1	22
Figura 5 - Estrutura do equipamento SkySails	24
Figura 6 – MS Beluga SkySails	25
Figura 7 – Paineis Solares a Bordo do navio MV Auriga Leader	26
Figura 8 – MV Auriga Leader	27
Figura 9 – Estrutura do equipamento DIFIS	30
Figura 10 – Movimentação da estrutura cônica do DIFIS	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios
UNCLOS	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
PPM	Partes por Milhão
ITOPF	Federação Internacional sobre a Poluição de Tankers
IMO	Organização Marítima Internacional
RoRo	Navio “Roll-on Roll-off”
DWT	Porte Bruto
MW	Mega Watts
CO2	Dióxido de Carbono
PSV	Navio de Apoio a Plataforma
AHTS	Navio “Anchor Handling Tug Supply”
DIFIS	Double Inverted Funnel for the Intervention on Shipwrecks
ROV	Veículo Remotamente Operado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>O MEIO AMBIENTE MARÍTIMO</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Definição</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>O Conceito de Responsabilidade Ambiental</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>A POLUIÇÃO MARÍTIMA</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Definição</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Tipos Frequentes de Poluição</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Prevenção e Controle da Poluição</b>	<b>16</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Prevenção da Poluição por Óleo</b>	<b>16</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Prevenção da Poluição por Água de Lastro</b>	<b>17</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Prevenção da Poluição por Esgoto</b>	<b>18</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Prevenção da Poluição por Lixo</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>AS NOVAS TECNOLOGIAS</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Green Shipping: Mudando o Presente em prol do Futuro</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Combustíveis e Propulsões Alternativas</b>	<b>20</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Energia Eólica</b>	<b>20</b>
<b>4.2.1.1</b>	<b>Navios com Rotor Flettner e Efeito Magnus</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1.2</b>	<b>SkySails</b>	<b>23</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Energia Solar</b>	<b>25</b>
<b>4.2.2.1</b>	<b>MV Auriga Leader</b>	<b>27</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Navios Híbridos</b>	<b>28</b>
<b>4.2.3.1</b>	<b>Propulsão DEM</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Controle de Situações com Risco de Poluição</b>	<b>29</b>
<b>4.3.1</b>	<b>DIFIS</b>	<b>29</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Embarcações Anti-Poluição</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## **1 INTRODUÇÃO**

A arte da navegação se tornou, ao longo dos séculos, costume corriqueiro do ser humano. A possibilidade de superar os mares e unir nações transformou um ato de bravura em uma necessidade e, junto a essa evolução, fez-se indispensável o aprendizado do ofício marinho para muitos. Primeiramente, com embarcações possuidoras de propulsão a vela e remo. Em seguida, as propulsões a vapor, deixando cada vez mais claro que somente a força humana e o vento não seriam suficientes para alcançar a eficiência requisitada por países ou mesmo continentes interligados pela água. Por fim, a utilização do óleo bunker como combustível para sistemas de caldeiras foi eleita como a mais conveniente até os dias de hoje.

Pela ótica da marinha mercante, na qual a eficiência das operações e consequente diminuição do tempo de entrega das mercadorias são diretamente relacionadas ao lucro obtido, a busca contínua pela rapidez em grande maioria ignora as preocupações com o meio ambiente marítimo, aonde estas atividades são exercidas. Contudo, esta negligência com o óbvio teve por fim algumas consequências refletidas em nossa civilização e, a partir desse momento, casos de poluição marinha atrelados ao lançamento de óleo, lixo e dejetos não puderam mais ser ignorados. Baseada nestas experiências, surgiu a tentativa de investir em tecnologias que consigam aliar uma navegação ecologicamente sustentável com a eficiência requerida pelo comércio internacional, as quais consideram a prevenção da poluição como principal método para conciliar a preservação dos nossos recursos naturais com o nível de atividade marítima adequado ao ritmo intenso de trocas comerciais no planeta, o que se reflete de maneira franca no bem estar de todos.

### **1.1 Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo principal expor algumas das soluções já desenvolvidas ou planejadas para viabilizar esta prevenção, sejam elas referentes a propulsões e combustíveis alternativos ou a equipamentos e práticas utilizadas para controlar situações de risco de poluição.

## 2 O MEIO AMBIENTE MARÍTIMO

### 2.1 Definição

É reconhecido que em qualquer atividade o entendimento do meio ambiente em que esta é exercida é fundamental. No caso dos aquaviários, a importância do seu conhecimento é indispensável para o correto desempenho da profissão como, também, para sua preservação.

Segundo a apostila Meio Ambiente Aquaviário (2003), da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), o meio ambiente pode ser considerado como o conjunto das condições, influência ou forças que envolvem ou modificam o complexo de fatores climáticos edáficos e bióticos que atuam sobre um organismo vivo ou uma comunidade ecológica e acaba por determinar sua forma e sobrevivência; a agregação das condições sociais e culturais que influenciam a vida de um indivíduo ou de uma comunidade. Será mencionado neste trabalho somente uma breve introdução ao meio ambiente marítimo, para que as considerações referentes às novas tecnologias possam ser bem localizadas e compreendidas pelo leitor.

Esta definição é especificada ao se apresentar o conceito de meio ambiente marítimo, reconhecido como o conjunto de seres orgânicos e matéria inorgânica encontrada nos mares.

Compreende-se que 71% da formação da superfície terrestre é composta oceanos, formados a milhares de anos após o resfriamento da crosta terrestre, sendo o Oceano Pacífico o maior deles, compreendendo um total de 40% do total da superfície composta pelos mares. Estudos apontam que os oceanos Pacífico, Atlântico, Índico, Ártico e Antártico concentram 97% da água mundial e são detentores de uma vasta biodiversidade, abrigando 90% da biomassa viva da Terra, sendo fonte de alimentos e de recursos para a espécie humana, além de ser o habitat de fitoplanctons responsáveis pela produção de 60% de todo o oxigênio contido no planeta.

Além da imensa diversidade presente em sua fauna, os oceanos ainda possuem recursos com um imenso valor econômico, sendo uma fonte sustentável de elementos químicos tais como Magnésio, Potássio, Bromo, Cloro e Sódio. Somado a estes elementos, a influência de efeitos externos, dentre eles atividades magmáticas e erosão, produziram ao longo de milhares de anos importantes produtos para a economia, como petróleo e gás natural, encontrados em diversos ambientes geológicos no âmbito marinho.

A presença de toda esta biodiversidade e recursos econômicos tornam o meio ambiente marinho um dos mais importantes biomas do planeta. Portanto, qualquer eventual dano a este ecossistema pode provocar consequências irreparáveis ao equilíbrio ecológico.

## **2.2 O Conceito de Responsabilidade Ambiental**

Ao destacar as principais preocupações recentes das empresas ao redor do mundo é impossível não citar a o conceito de responsabilidade ambiental. A importância da preservação do meio ambiente e da exploração de seus recursos de uma maneira segura e eficiente vem sendo inserida na mentalidade das grandes empresas ao longo das últimas décadas, valorizando seu trabalho perante seus clientes. Desta maneira, as funções de uma instituição transcendem a geração de empregos, produtos e crescimento econômico. Incluem também a preocupação com os impactos de seus projetos e o desenvolvimento de atividades de cunho ambiental como o apoio a projetos desenvolvidos por Organizações Não-Governamentais.

A maioria das empresas, sejam estas pertencentes ao setor primário (que obtém recursos através da natureza, como é o caso das agrícolas, pesqueiras ou pecuárias), secundário (dedicadas à transformação de matérias-primas, como acontece com as industriais ou de construção civil) ou terciário (dedicadas à prestação de serviços), relacionam-se de diversas maneiras com o meio-ambiente, causando algum tipo de impacto em diferentes níveis de intensidade. Todavia, uma empresa ambientalmente responsável procura minimizar os impactos negativos e maximizar os positivos. Redução do consumo de energia, água e insumos são algumas destas formas.

A sociedade começou a perceber e divulgar os impactos no meio ambiente claramente relacionados a problemas de saúde recorrentes e perda da qualidade de vida em seu cotidiano, provocando conseqüentemente o aumento da cobrança da responsabilidade ambiental das empresas e do próprio governo, exigindo uma legislação efetiva e pouco flexível sobre o assunto. Tal fato é justificável, tendo em vista os avanços tecnológicos que possibilitam a redução de tais danos com cada vez menos perda na produtividade.

Apesar desta cobrança ser mais expressiva nos setores que atuam próximos às áreas de convívio urbano, elas também atingem o setor marítimo. Este fato e as rigorosas legislações ambientais que regem o transporte aquaviário obrigaram as empresas de navegação a

tomarem grandes medidas para reduzir a poluição por óleo, lixo e esgoto por parte dos navios de sua frota.

### **3 A POLUIÇÃO MARÍTIMA**

#### **3.1 Definição**

Segundo a Convenção de Montego Bay Artigo 1º, poluição do meio marinho significa a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia no meio marinho, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir a provocar os efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entrave às atividades marítimas, incluindo a pesca, e às outras utilizações legítimas do mar, alteração da qualidade do mar, no que se refere a sua utilização, e deterioração dos locais de recreio.

Com o passar dos anos e da maior conscientização da sociedade em relação à preservação do meio ambiente marítimo, os cuidados para evitar a poluição passaram de medidas apenas recomendatórias para atitudes mandatórias por parte dos utilizadores desse bioma. Esta obrigação é diariamente ressaltada graças a medidas legislativas tomadas como a Lei nº 9605 Artigo 54, que apresenta sanções cabíveis a: “Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”, além das convenções internacionais MARPOL e UNCLOS, específicas para as atividades marítimas.

A poluição marítima é proveniente de diferentes fontes, sendo as atividades em terra as que mais contribuem para esta deplorável consequência. Neste capítulo, porém, será abordado somente o papel das atividades da Marinha Mercante neste contexto, destacando-se os danos possivelmente provocados pela navegação das embarcações mercantes.

### 3.2 – Tipos Frequentes de Poluição

Internacionalmente são consideradas as seguintes formas de poluição marinha:

- a) Poluição de origem terrestre: proveniente de fontes terrestres, inclusive rios, lençóis freáticos, estuários, dutos e instalações de descarga;
- b) Poluição proveniente de atividades relativas aos fundos oceânicos e ilhas artificiais e instalações sob jurisdição nacional, com especial atenção às atividades de extração de petróleo e gás natural;
- c) Poluição proveniente de atividades no leito do mar, nos fundos marinhos e em seu subsolo além dos limites da jurisdição nacional;
- d) Poluição por alojamento: lançamento deliberado no mar de dejetos e outras matérias a partir de embarcações, aeronaves, plataformas ou outras construções, inclusive afundamento deliberado destes no mar;
- e) Poluição proveniente de embarcações: derramamento involuntário de substâncias tóxicas, nocivas, bio-acumulativas ou persistentes no meio ambiente, entre as quais se incluem os óleos e hidrocarbonetos derivados de petróleo, inclusive poluição radioativa proveniente de embarcações propulsadas por este tipo de energia;
- f) Poluição proveniente da atmosfera ou através dela: aeronaves e utilização do espaço aéreo, bem como transportadas na atmosfera e depositadas no mar, provenientes de descargas poluentes;
- g) Poluição originária das atividades de dumping;
- h) Poluição proveniente de atividades e testes nucleares.

Analisa-se porém somente a poluição marinha proveniente da navegação de embarcações mercantes, que normalmente libera óleos e graxas, além dos esgotos sanitários, gases responsáveis pelo efeito estufa e os restos de cozinha. São considerados portanto lixo, dejetos, óleo e água de lastro como os principais agentes poluentes lançados por embarcações, os quais constituem o foco dos tópicos a seguir.



### 3.3 – Prevenção e Controle da Poluição

A prevenção é focada em antever possíveis consequências negativas e organizar ações que possam evitar sua concretização. Este conceito é essencial para os cuidados relativos a poluição oriunda de embarcações, onde qualquer erro mínimo pode acarretar em grandes danos ao meio da atividade em questão. Duas opções são possíveis para concretizar esta atitude: medidas operacionais e inovações tecnológicas que permitam uma maior segurança da navegação. A Organização Marítima Internacional, através da convenção MARPOL, estabelece alguns procedimentos e recomendações para que a operação das embarcações tenha o cuidado necessário com o bioma marinho. Serão expostos os métodos de prevenção frequentemente utilizados a bordo, de acordo com o agente poluente a ser evitado:

#### 3.3.1 - Prevenção da Poluição por Óleo

O Anexo I da MARPOL estabelece um conjunto de regras para prevenir e minimizar os efeitos da poluição por óleo, que engloba diversas vistorias: inicial, antes de o navio ser posto em serviço, ou antes de ser emitido um Certificado Internacional de Prevenção da Poluição por Óleo. Uma vistoria de renovação, com intervalos definidos pela Administração, mas não superiores a 5 anos, uma vistoria intermediária, uma vistoria anual e uma vistoria adicional, geral ou parcial de acordo com as circunstâncias, que deverá ser realizada após um reparo realizado em decorrência das inspeções ou sempre que forem realizados quaisquer reparos ou remodelações importantes.

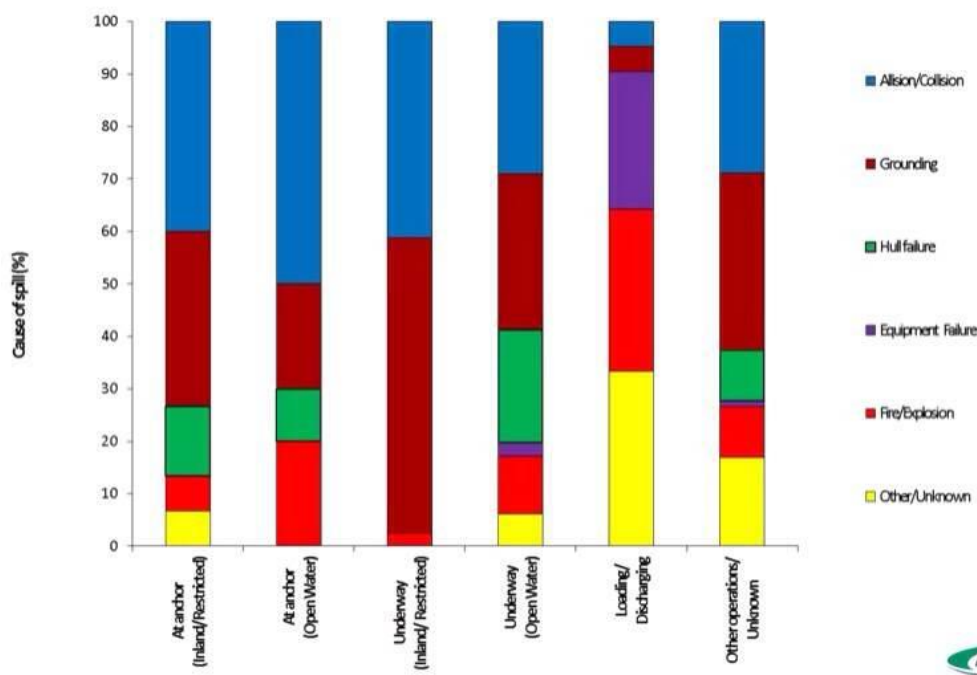
Além disso, foram estabelecidas regras pra construção e compartimentos dos navios. Dentro dessas mudanças, podemos indicar como as mais significativas a separação de compartimentos para resíduos de óleo e os equipamentos para filtragem do óleo, como o separador de água e óleo, equipamento que permite a filtragem da mistura oleosa proveniente das operações a bordo a ser descarregada no mar, não podendo ter um teor de óleo superior a 15 PPM.

Foram delimitadas áreas especiais onde são proibidas as descargas de qualquer mistura oleosa, além da imposição de distâncias mínimas da costa para o lançamento desta.

Na figura 1 são observadas as diversas causas de vazamentos de óleo de acordo com cada operação a ser realizada, sendo estas operações: atracação ou desatracação, fundeio, navegação em águas restritas, navegação oceânica, carregamento ou descarregamento e outras

operações. Dentre as causas de vazamentos se destacam colisão ou abalroamento, encalhe, falhas no casco, falhas na máquina e incêndio ou explosão. Com isso é possível observar que as medidas preventivas para poluição por óleo necessitam de muito mais do que cuidados estruturais e vistorias preventivas. O treinamento adequado da tripulação em cada operação continua a ser o método de prevenção mais eficiente.

**Figura 1 – Principais causas de vazamentos de óleo a bordo**



Fonte: ([www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/](http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/)).

### 3.3.2 - Prevenção da Poluição por Água de Lastro

Existem diversas técnicas para minimizar os danos causados pela água de lastro, uma delas é a análise da salinidade da água dentro dos tanques de lastro, visando determinar se esta água foi captada em regiões costeiras ou mais afastadas, tendo em vista que a salinidade aumenta quanto mais se afasta da costa. O ideal é que a água de lastro seja captada em regiões afastadas, pois como a salinidade é maior há uma menor chance de sobrevivência de organismos nocivos.

A Organização Marítima Internacional (IMO) estabelece alguns procedimentos operacionais. Dentre eles, temos como regra geral que as embarcações devem realizar a troca

de água de lastro em alto mar a pelo menos 200 milhas náuticas da costa e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade. Entretanto, caso isso não seja viável, a troca deverá ocorrer o mais distante possível, mas nunca a menos de 50 milhas náuticas da costa e sempre a no mínimo 200 metros de profundidade ou em áreas pré-determinadas.

Entretanto, a troca da água de lastro pode trazer problemas para a segurança da embarcação e em muitos casos, também pode haver um grande atraso nas operações, pois o processo é lento e demanda tempo. Como métodos aceitos para troca da água de lastro temos:

- a) Método de Diluição Brasileiro, neste ocorre a carga da água de lastro através do topo do tanque e, simultaneamente, há a descarga da água de lastro antiga pelo fundo, ambas com a mesma vazão de forma a não alterar volume de água no tanque.
- b) Método Sequencial é o esgotamento da água de lastro do tanque e o seguido preenchimento com água oceânica.
- c) Método de Fluxo Contínuo ocorre quando os tanques são cheios e esgotados de forma simultânea por bombas de água salgada.

### 3.3.3 - Prevenção da Poluição por Esgoto

Um dos equipamentos utilizados para o tratamento é o Tanque Séptico, que trata o esgoto em diversos níveis com a utilização de reagentes químicos e até mesmo com a utilização de outras bactérias, com o objetivo de diminuir a taxa de coliformes fecais. O surgimento deste e outros equipamentos são consequências do Anexo IV da MARPOL, exclusivo para a poluição por esgoto e que define uma série de regras e procedimentos para um maior controle e tratamento da descarga

### 3.3.4 - Prevenção da Poluição por Lixo

A MARPOL estabelece um conjunto de regras para minimizar os efeitos da poluição por lixo, exigindo um rígido controle do lixo nas embarcações, separando-os por categorias e impondo distâncias mínimas da costa para o lançamento das categorias liberadas e proibindo o lançamento de qualquer tipo de plástico.

Além disso, a MARPOL também determina que o lixo produzido pela tripulação deve ser separado em recipientes com diversas cores para cada tipo de material.

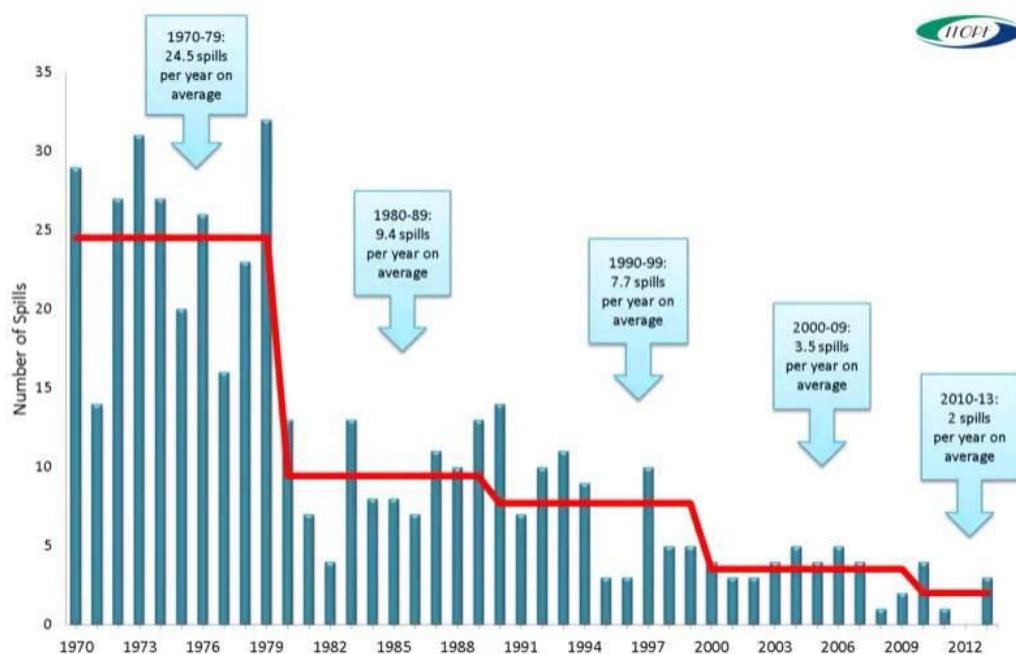
Toda operação de descarga ou de incineração, incluindo as descargas no mar ou para outros navios, deve ser registrada no Livro de Registro de Lixo, que pode ser conferido durante as inspeções das Agências Sanitárias.

## 4 AS NOVAS TECNOLOGIAS

### 4.1 – Green Shipping: Mudando o Presente em prol do Futuro

A indústria de transporte marítimo, responsável pela movimentação de 90% da carga mundial, está reescrevendo sua própria história. Segundo estatísticas do ITOPF representada na Figura 2, os últimos 15 anos tiveram franca redução nos derramamentos de óleo (apesar do crescimento massivo da utilização de navios petroleiros e operações offshore relacionadas a este recurso) graças a um aprimoramento de técnicas marítimas desenvolvidas ao longo dos anos, uma redução geral nos gases tóxicos como dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, e uma maior preocupação relativa à melhoria da eficiência energética através do design naval.

**Figura 2 – Quantidade de vazamentos de óleo por ano no mundo**



Fonte: ([www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/](http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/)).

Dito isto, a busca pelo equilíbrio perfeito continua. As atividades mercantes são atualmente responsáveis por algo em torno de 2.7% de toda a emissão de carbono promovida

por humanos – situação que a IMO planeja reduzir em 20% até 2020 e 50% até 2050. A utilização de tecnologias diversas que eliminem parte do uso de combustíveis fósseis a bordo são interessantes também em um aspecto econômico, já que os preços do petróleo bem como de seus derivados aumentam diariamente.

Uma das metas da IMO presente no documento “O Conceito de Sistema de Transporte Marítimo Sustentável” ao referir-se a novas tecnologias e inovação, expõe: Novas embarcações estarão constantemente sofisticando-se em todos os seus aspectos de design, construção e operação, enquanto das embarcações pré-existentes é esperada sua adaptação a níveis de eficiência energética assim como demanda por sustentabilidade cada vez maiores, o que irá requerer destes novas práticas operacionais e cumprimentos de regulamentações mais estritas. O contínuo avanço tecnológico exige uma maior troca de conhecimentos, experiências e know-how em vista a maximizar os benefícios de inovações e novas tecnologias para segurança da navegação e gestão ambiental, aliada a lucratividade do setor. A Organização planeja criar plataformas que permitam a exibição e discussão de novas tecnologias e suas aplicações, contando com a colaboração dos órgãos governamentais, armadores, sociedades classificadoras, indústrias, institutos de Pesquisa e Desenvolvimento (R&D) e instituições acadêmicas. Ainda segundo a Organização, a indústria de transporte marítimo deve tirar proveito das novas tecnologias para maximizar sua performance ambiental bem como aumentar a segurança de suas operações, além de estar preparada para novos tipos de carga e práticas comerciais. Os órgãos governamentais, por sua vez, devem prover incentivos para estes avanços tecnológicos.

## **4.2 – Combustíveis e Propulsões Alternativas**

### **4.2.1 – Energia Eólica**

A força do vento é utilizada desde tempos imemoriais para o movimento de navios. Tradicionalmente esta locomoção é feita através de velas que, içadas nos mastros, enfunam como vento que assim empurra a embarcação na direção de seu sopro ou até em direções quase opostas, ao serem utilizadas velas latinas, por exemplo.

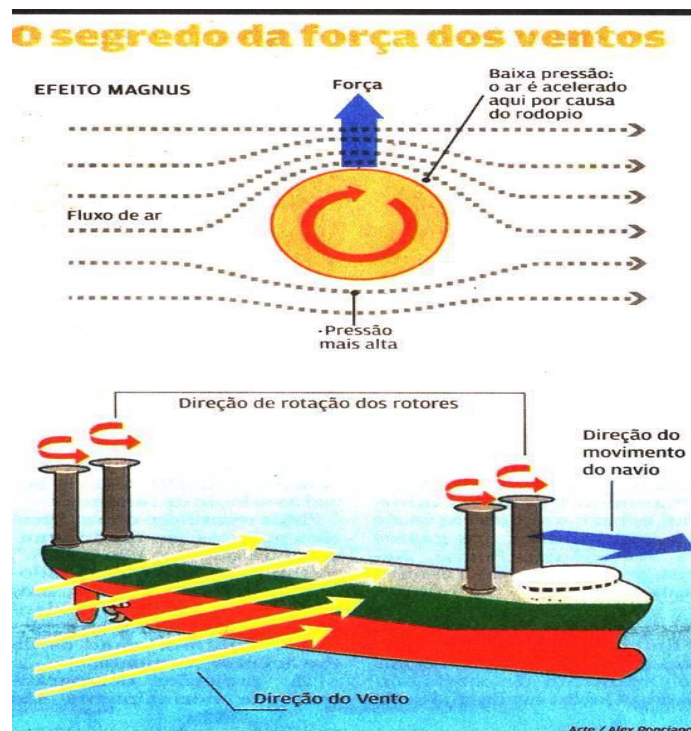
Com o passar dos anos a navegação à vela foi dando lugar à navegação mecanizada – em casos de atividade marítima comercial – como aconteceu, de resto, com outros meios de propulsão eólica, como moinhos de moagem de cereais, de elevação de água e outros.

No entanto, recentemente tem-se readquirido o desejo pela exploração deste tipo de energia, conhecida como limpa e inesgotável, rumo a um desenvolvimento sustentável das operações de grande porte. Podemos observar o funcionamento de algumas inovações tecnológicas que se utilizam deste princípio básico a seguir.

#### 4.2.1.1 – Navios com rotor Flettner e Efeito Magnus

Os rotores eólicos, também conhecidos como rotores Flettner graças ao nome de seu inventor, são uma tecnologia que apesar do cunho futurista, já foi testada – ao menos em seu princípio – em algumas estruturas desde a década de 20. Somente há pouco tempo, contudo, a indústria naval o reconsiderou como uma opção válida para reduzir o consumo de combustível fóssil em embarcações. Este consiste em um grande cilindro vertical rotatório formado por chapas de metal, finalizados por círculos metálicos de grande diâmetro, localizados no convés principal da embarcação.

**Figura 3 – Funcionamento do rotor Flettner**



**Fonte: Jornal A Tribuna, 28 de janeiro de 2011, pagina C-6**

O Efeito Magnus, o princípio físico que garante a eficiência do rotor, exerce uma força para agir sobre um corpo girando em movimento através de uma corrente de ar, perpendicular à direção do fluxo. Com base no efeito Magnus, o giro do cilindro juntamente com o vento

proporcionam áreas de baixa e alta pressão. Nos locais onde o vento incide na mesma direção da rotação do cilindro, a velocidade com que este passa é maior, criando-se conseqüentemente uma zona de baixa pressão. No outro extremo, onde o ar incide no sentido contrário de rotação do cilindro a velocidade deste é menor, portanto é criada uma zona de alta pressão. Somando-se as forças geradas vetorialmente obtém-se o resultado da força que impulsiona o barco.

**Figura 4 – Navio E-Ship 1**



**Fonte: (caroldaemon.blogspot.com.br/2011/01/e-ship1-primeiro-navio-movido-energia.html/).**

O E-Ship 1 é um navio Flettner, que faz uso do Efeito Magnus para propulsão. Possui quatro imponentes rotores instalados no convés principal, interligados ao hélice da embarcação, auxiliando na propulsão do navio. As quatro torres cilíndricas de 27 metros de altura por quatro metros de diâmetro que emergem do convés principal são os rotores eólicos capazes de captar energia do vento, sem interferir nas operações de carga e descarga.

A obra do navio E-Ship 1 foi concluída em 2010, quando este estava atracado no North Sea Works, onde a finalização da construção ocorreu com o barco na água. O navio partiu de Emdem, Bremerhaven para as provas de mar, e, um mês depois, partiu para sua primeira viagem com carga, transportando nove turbinas do Parque Eólico Castledockrell, de Emdem para Dublin, Irlanda.

A superestrutura do navio está localizada na proa, possui três conveses e dois guindastes por bombordo, com longas lanças e capacidade de carga de 80 e 120 toneladas. O navio possui uma rampa traseira, e pode funcionar como um RoRo. Tem 130 metros de comprimento e 22,5 metros de boca, com 12800 DWT. Este é equipado com nove geradores diesel Mitsubishi, com uma potência total de 3,5 MW. Ele possui caldeiras, que alimentam uma turbina a vapor da Siemens, que, por sua vez, aciona quatro rotores Enercon desenvolvidos pela Flettner. Estes rotores, que se assemelham a quatro grandes cilindros montados no convés do navio, permite economia de combustível de 30 a 40% a uma velocidade de 16 nós.

Segundo pronunciamento da empresa fabricante Enercon, o custo de investimento na construção deste tipo de embarcação é inicialmente elevado, contudo viável. Seu presidente afirma ainda que, caso comprovada a eficiência de transporte desta embarcação, outras semelhantes serão produzidas. Conquanto, entre um número razoável de engenheiros e especialistas da área naval, é difundida a ideia de que a vantagem atual do navio é limitada à pesquisa, ligada ao fato de que em condições especiais pode ser gerado até 40% de empuxo para sua propulsão e, em condições adversas, pode gerar uma eficiência de mesmo percentual. O custo inicial da embarcação portadora dos rotores também é questionado, já que aspectos de estabilidade, arranjo estrutural e disposição de cargas nos conveses específicos devem ser observados. A tecnologia também possui especificidades quanto ao tipo de carga: no caso de transporte de granéis líquidos, por exemplo, onde o valor agregado é pequeno, o custo alto de um navio deste tipo inviabilizaria a operação.

#### 4.2.1.2 - Sistema SkySails

O SkySails consiste de um sistema totalmente automatizado para a propulsão de embarcações e um sistema de motorização otimizado para ventos. É composto por cinco componentes principais: uma vela de poliamida interligada a cabos, um sistema de lançamento e recolhimento, um controle automatizado, um gerador e energia elétrica e uma plataforma-suporte (FIGURA 5).



**Figura 5: Estrutura do equipamento SkySails**



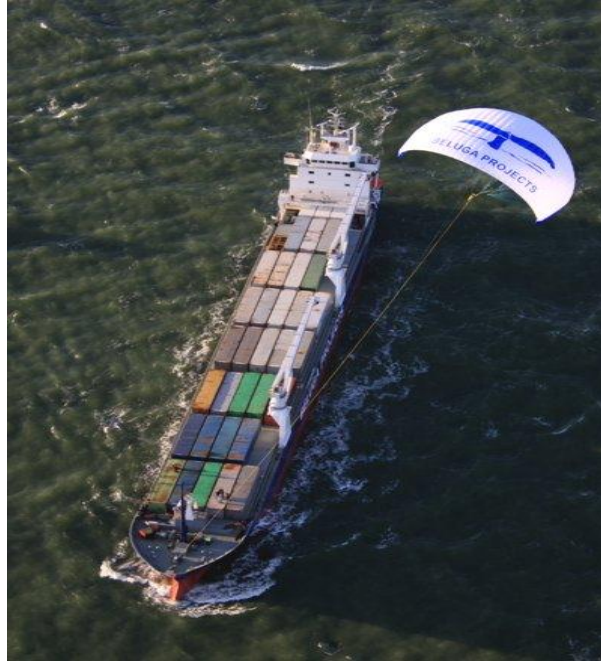
**Fonte: (www.skysails.info/).**

A energia é gerada quando o vento impulsiona o cabo conectado à vela e a um tambor, o qual é interligado a um gerador de energia elétrica. Essa é a etapa geradora de energia onde a força do vento é convertida em eletricidade. A fase de retorno começa uma vez que o cabo é esticado até seu comprimento máximo. A vela é então automaticamente posicionada. Neste estágio, sua força de tração ainda é muito baixa, quando então o gerador começa a agir como um motor, puxando os cabos até que seu comprimento esteja curto o suficiente para que a nova fase geradora de energia se inicie. O processo de recolhimento da vela consome apenas uma fração da energia anteriormente gerada anteriormente. A energia residual é, então, enviada à rede elétrica da embarcação. Este sistema opera em altitudes entre 200 e 800 metros e pode ser instalado tanto em estruturas tradicionais de offshore quanto em plataformas flutuantes. É utilizado em alto mar, adicionalmente à propulsão do motor dos navios, se as condições do vento o permitirem. A eficiência da vela gigante que se assemelha a um parapente depende das condições climáticas, mas o sistema SkySails possui a vantagem de aproveitar não só ventos pela popa, como ventos laterais.

O MS Beluga SkySails foi o primeiro navio cargueiro comercial parcialmente movido por uma dessas velas. Em Janeiro de 2008, o navio partiu para sua primeira viagem transatlântica, tendo saído do porto alemão de Bremerhaven com destino a Guanta, na Venezuela. Com a utilização da energia eólica, a embarcação é capaz de reduzir o consumo de

combustível fóssil em até 35%, dependendo da condição dos ventos. Desta maneira, o navio poupa os recursos naturais e contribui para a redução da emissão de CO2 na atmosfera.

**Figura 6 – MS Beluga SkySails**



**Fonte: (www.revolutionkite.wordpress.com/).**

#### 4.2.2 – Energia Solar

Navios mercantes são assecuradamente o meio mais utilizado para o transporte de mercadorias nos mares. São também poluidores notórios. Pode ser observado, contudo, um movimento ambiental crescente, o que possibilitou uma maior atenção por parte das empresas de navegação no que diz respeito a reduzir o impacto ambiental da atividade. Um meio possível de atingir este objetivo é através do uso de sistemas geradores de energia através da energia solar, utilizados a bordo.

**Figura 7 – Painéis Solares a Bordo do navio MV Auriga Leader**



**Fonte: ([www.greencarreports.com/news/1033874\\_priuses-delivered-to-u-s-aboard-solar-powered-vessel/](http://www.greencarreports.com/news/1033874_priuses-delivered-to-u-s-aboard-solar-powered-vessel/)).**

Para captar esta energia, são utilizados painéis de células fotovoltaicas - o elemento básico de um sistema fotovoltaico - onde a conversão da energia radiante em eletricidade de fato acontece. Um conjunto de células associadas em série formam um painel fotovoltaico e, com outros dispositivos acumuladores, conversores e inversores constituem um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica. A confiabilidade desse sistema é uma das características mais importantes, assim como sua capacidade de expansão devido à sua apresentação em módulos. Um sistema fotovoltaico utilizado como complemento de energia elétrica em relação à fonte tradicional ainda possui a vantagem de não interferir em toda a rede elétrica de bordo no caso de alguma falha, limitando-se a um reparo específico.

Ao longo dos últimos anos, avanços significativos foram feitos em termos de desenvolvimento de painéis solares que sejam mais leves, eficientes e adequados para as condições agressivas do meio ambiente marítimo. Neste estágio, a energia solar sozinha ainda não é capaz de suprir todas as necessidades dos navios mercantes. No entanto, pode ser considerada uma importante fonte alternativa da energia utilizada a bordo, ajudando a reduzir o consumo de combustível e as emissões de gases prejudiciais à nossa atmosfera.

#### 4.2.2.1 MV Auriga Leader

O navio parcialmente movido a energia solar, Auriga Leader, é o resultado de uma série de tecnologias inovadoras, como um sistema de armazenamento de energia solar mais eficiente, além de estruturas capazes de tratar sua água de lastro. Utilizando uma enorme quantidade de painéis solares, o Ro-Ro projetado para transportar até 6000 veículos da empresa Toyota é fruto de um investimento em torno de 2 milhões de dólares.

**Figura 8 – MV Auriga Leader**



**Fonte: ([www.hafen-hamburg.de/node/28210](http://www.hafen-hamburg.de/node/28210)).**

Assim como em novas tecnologias tal qual SkySails, a performance desta embarcação é monitorada constantemente rumo ao seu aperfeiçoamento e ao reconhecimento de futuras modificações possíveis. Desde seu lançamento, os responsáveis pela embarcação vem assegurando a continuidade de sua sustentabilidade.

O Auriga Leader contribuiu não só para prover a confiança necessária nos prospectos de desenvolvimento sustentável no domínio marítimo internacional, mas também mudou as previsões sobre o futuro das operações na marinha mercante.

Fontes de energia alternativas e sustentáveis se provam cada dia mais o futuro dos sistemas de propulsão de embarcações. Este navio é, de maneira inegável, um grande avanço rumo à construção comercial de navios sustentáveis.

#### 4.2.3 – Navios Híbridos

Conforme Woud e Stapersma (2002), o que define um sistema propulsor como híbrido é a possibilidade de se operar em modos de geração ou utilização de potência de forma distinta ou combinada, que podem ser utilizados normalmente; ou seja, sem que se trate de uma operação emergencial. Um navio híbrido pode realizar sua propulsão baseado em fontes de energia de propulsões diferentes, podendo ser a base de combustível, como um motor diesel, ou através de uma fonte de energia acumulada, como uma bateria, além de motores elétricos. Existem muitos tipos de híbridos, e escolher o mais eficiente varia de acordo com o objetivo a ser cumprido.

O conceito de propulsão híbrida em si não é novo. Sua inovação está situada na avaliação de outras possibilidades de utilizá-lo combinando fontes de energia de propulsões sustentáveis, o que pode significar reduções significativas dos poluentes provenientes das operações comerciais enquanto a embarcação está atracada ou fundeada, além de franca economia de combustível.

##### 4.2.3.1 Propulsão DEM

O chamado sistema híbrido de propulsão ainda é relativamente pouco conhecido e pouco utilizado no transporte marítimo comercial em comparação com os sistemas mais conhecidos de propulsão – o Diesel-Elétrico e o Diesel-Mecânico.

Também conhecido como sistema Diesel-Elétrico-Mecânico ou DEM, este sistema se mostra uma alternativa bastante interessante para embarcações cujo perfil operacional alterne momentos de alta e baixa demanda de potência propulsiva, de embarcações que precisem de grande redundância de propulsão, mas nas quais a utilização de propulsão diesel-elétrica não seria eficiente, e de embarcações que possuam mais de um perfil operacional distinto. Por ser um sistema intermediário entre a propulsão diesel-mecânica e a diesel-elétrica, este sistema combina os benefícios de cada um dos tipos de forma a trabalhar sempre com a maior eficiência possível. Já foi testado em projetos de embarcações de apoio marítimo tais como PSVs e AHTSs.

Na sua aplicação em PSVs, o DEM se apresenta na forma de um sistema que, quando em trânsito, opera uma propulsão mecânica acionada através de uma única linha de eixo e caixa redutora; no entanto, quando em posicionamento dinâmico, a caixa redutora é

desacoplada e os motores diesel passam a acionar geradores de eixo, com o navio mantendo posição através de impelidores laterais (thrusters) retráteis e de túnel acionados por motores elétricos.

Segundo Barcellos (2012), Apesar de parecer mais complexo e de efetivamente possuir mais elementos que um sistema diesel-elétrico padrão, o sistema DEM é composto de elementos mais simples, de menor potência e de menor custo de aquisição que o conjunto de um sistema Diesel-Elétrico.” Conclui-se que, ainda que mais complexo em sua implantação a bordo, a possibilidade de economia e melhor adequação operacional que o conceito deste sistema apresenta indica que há um cenário favorável ao estudo de mais aplicações do tipo.

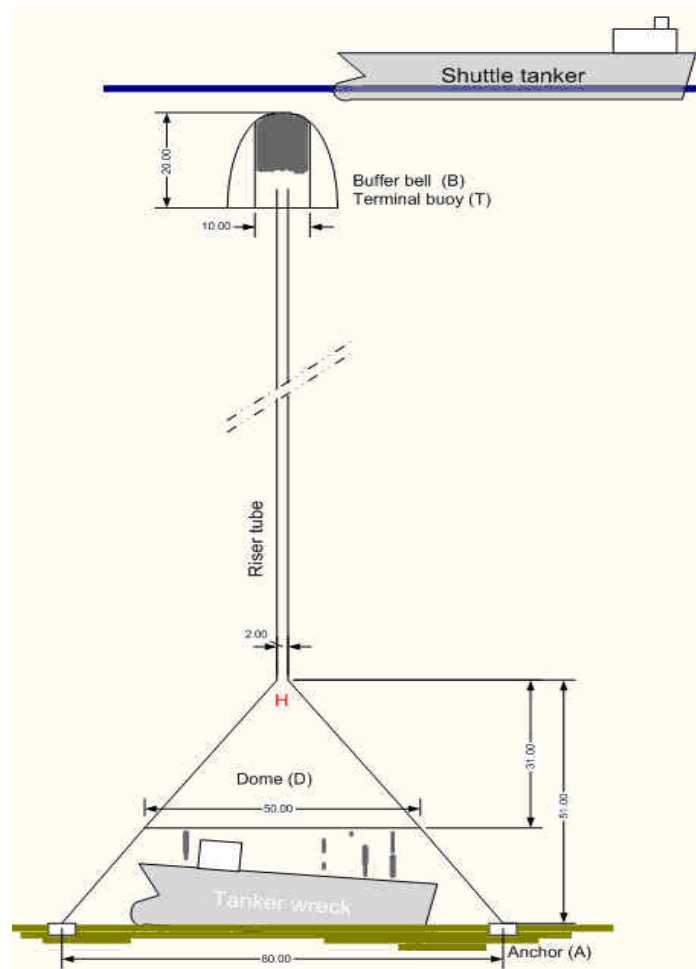
### **4.3 – Controle de Situações com Risco de Poluição**

Outra maneira para prevenir a poluição consiste em controlar situações com um risco pré-existente, para que não se transforme numa real situação onde a água possa ser contaminada. São apresentadas algumas tecnologias com esse intuito abaixo:

#### **4.3.1 – DIFIS**

Quando uma embarcação naufraga, carrega toneladas de óleo consigo diretamente para o fundo do mar. Este óleo, seja ele combustível ou proveniente dos tanques de carga, eventualmente pode vazar, causando sérios derramamentos de óleo como pôde ser observado no acidente envolvendo o petroleiro Prestige, em 2002. A preocupação crescente com esta possibilidade incentivou a criação de diversas inovações tecnológicas, financiadas por organizações e companhias em torno do planeta. O chamado DIFIS (Double Inverted Funnel for the Intervention on Shipwrecks) é uma tecnologia promissora desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Marítima dos Países Baixos, também conhecido como MARIN. Este equipamento possui a intenção de combater de maneira eficiente e direcionada qualquer vazamento de óleo proveniente de naufrágios.

**Figura 9 – Estrutura do equipamento DIFIS**



**Fonte: Cozijn, Hans. Projeto MARIN FP6-516360 “DIFIS” pág.1**

O sistema é constituído por uma estrutura cônica – assemelhando-se à forma de um funil invertido – ancorada acima do naufrágio de maneira que toda a área do acidente seja coberta e que qualquer vazamento possa ser coletado. O sistema de ancoragem fixa e estabiliza a estrutura, adaptando-se ao assoalho marinho. A mistura oleosa coletada anteriormente passa por um tubo longo e flexível, sendo transportada para um segundo cone próximo ao nível de superfície da água. Este segundo cone fabricado em metal, também chamado de “Buffer Bell”, atua como um separador e um reservatório de óleo. O óleo é coletado na parte superior do cone através da atuação da gravidade, separando a água na parte inferior do cone devido à sua maior densidade. Desta maneira, forma-se um sistema simples e seguro de coleta de óleo, que não exige fontes de energia externa para seu funcionamento. O “buffer bell” também funciona como um terminal flutuante, mantendo a tensão em todo o



tubo flexível e permitindo a coleta rápida e eficiente do óleo por parte de navios petroleiros voltados para o uso em campos offshore.

Ao descrever os processos de uma operação onde o sistema DIFIS será utilizado, inicialmente um ROV (Veículo Operado Remotamente) é enviado ao local do acidente para determinar as condições do assoalho marinho. Em seguida, começa a instalação de todo o sistema com a utilização de guindastes posicionados próximos ao naufrágio. Após sua instalação, o equipamento não necessita de intervenção humana para seu funcionamento, apenas de inspeções esporádicas para avaliar quaisquer danos estruturais, bem como para coleta do óleo acumulado.

**Figura 10 – Movimentação da estrutura cônica do DIFIS**



**Fonte: Cozijn, Hans. Projeto MARIN FP6-516360 “DIFIS”, pag. 5**

#### 4.3.2 – Embarcações Anti-Poluição

As embarcações anti-poluição são um tipo especial de embarcação, empregado para absorver poluentes das águas oceânicas durante acidentes da navegação ou qualquer outro incidente que acarrete em poluição marítima. Os poluentes podem incluir vazamentos de óleo, lixo oriundo das embarcações ou qualquer outro tipo de poluição marítima decorrentes de lançamentos ao mar.

Também denominados “Oil Spill Recovery Vessel” (OSRV), estes navios são equipados com equipamentos e sistemas cuja principal função é recolher substâncias poluentes aliçadas ao mar, para que as mesmas possam ser descarregadas em terra e, caso necessário, enviadas para suas devidas estações de tratamento. Algumas das principais estruturas incluem bombas utilizadas para combate a incêndio e para descontaminar praias, costas e costados de outras embarcações, líquidos desinfetantes, kits para combate de



vazamentos de óleo, barreiras de contenção e dispersantes. Juntamente com a facilidade de limpeza de acidentes em águas costeiras, esta embarcação também porta contêineres específicos para recolher detritos.

**Figura 11 – Embarcação Anti Poluição**



**Fonte:** (<http://www.marineinsight.com/wp-content/uploads/2012/05/apv1.jpg>).

As embarcações anti-poluição constituem uma alternativa rápida e eficiente para áreas com maior risco de vazamentos, tais como regiões de exploração de petróleo ou mesmo áreas degradadas pelo alijamento de detritos, sendo um importante auxílio a outras estruturas e embarcações.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo o objetivo inicial desta dissertação, pode ser observado que o conceito de sustentabilidade ainda é o principal incentivo para o desenvolvimento de novas tecnologias focadas na prevenção da poluição do meio ambiente marítimo. Sejam estas na forma de projetos para controlar situações de risco ou mesmo combustíveis e propulsões alternativas ao tradicional combustível fóssil, estes avanços tecnológicos promovem a redução de limitações rumo a um desenvolvimento do presente, sem comprometer a possibilidade de futuras gerações suprirem suas próprias necessidades. Ao aplicar a energia eólica e solar em embarcações mercantes, foi possível observar que ambas atuam como uma fonte de energia complementar à tradicional, pois atualmente ainda carecem de tecnologia para suprir todas as necessidades de um navio. Ainda assim, promovem economia significativa de combustível fóssil, dentre outros benefícios relacionados ao meio ambiente. Outras tecnologias, como a propulsão DEM, provam que é possível obter equipamentos mais eficientes com novas utilizações de tecnologias já consagradas. Já outras estruturas utilizadas para conter situações de risco de poluição atestam que a poluição pode ser evitada não só no projeto de construção do navio, como na iminência de algum acidente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, R. **O sistema híbrido de propulsão como uma alternativa viável aos sistemas diesel-elétrico e diesel-mecânico.** Rio de Janeiro, Brasil: 2012. 8p

CNUDM, **Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.** 1982. Disponível em: <[www.marcoeano.pt/component/docman/doc\\_details/94-cnudm](http://www.marcoeano.pt/component/docman/doc_details/94-cnudm)>. Acessado em: 10 de junho de 2014

COZIJN, H. **DIFIS Concept for the Removal of Oil from Ship Wrecks - Hydrodynamic Scale Model Tests for Operational, Survival and Offloading Conditions and System Deployment.** Wageningen, the Netherlands: 2010. 10p

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Meio Ambiente Aquaviário.** Brasil: 2003. 50p

IMO. **Concept of Sustainable Maritime Transport System.** London, United Kingdom: 2013. 34p

HERZOG, H. O. **More Facts About the Flettner Rotor Ship.** Disponível em: <[www.scientificamerican.com/article/more-facts-about-the-flettner-rotor/](http://www.scientificamerican.com/article/more-facts-about-the-flettner-rotor/)>. Acessado em: 25 de julho de 2014

ITOPF. **Statistics.** Disponível em: <[www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/](http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/)>. Acessado em: 16 de julho de 2014

LEI N° 9.605. **Lei de Crimes Ambientais.** Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm/)>. Acessado em 21 de junho de 2014

MARPOL, **International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.** 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto. Disponível em: <[http://www.imo.org/TCD/contents.asp?doc\\_id=678&topic\\_id258](http://www.imo.org/TCD/contents.asp?doc_id=678&topic_id258)>. Acessado em: 20 de junho de 2014

MORE, R. F.. **A poluição do meio ambiente marinho e o princípio da precaução.** Disponível em: <<http://www.sedep.com.br/?idcanal=22880>>. Acessado em: 16 de junho de 2014

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica.** Minas Gerais, Brasil: 2004. 21p

SHARDA, F. **What are Anti Pollution Vessels.** Disponível em: <[www.marineinsight.com/marine/types-of-ships-marine/what-are-anti-pollution-vessels/](http://www.marineinsight.com/marine/types-of-ships-marine/what-are-anti-pollution-vessels/)>. Acessado em 17 de julho de 2014

SINGH, B. **Marine Pollution by Ships – Tips for Reducing & Recycling Waste at Sea.** Disponível em: <<http://www.marineinsight.com/misc/marine-safety/marine-pollution-by-ships-tips-for-reducing-recycling-waste-at-sea/>>. Acessado em: 20 de junho de 2014

SKYSAILS. **Advantages, Components, Operation.** Disponível em: <[www.skysails.info/english/skysails-marine/skysails-propulsion-for-cargo-ships/](http://www.skysails.info/english/skysails-marine/skysails-propulsion-for-cargo-ships/)>. Acessado em 10 de julho de 2014

WOUD, H. K.; STAPERSMA, D. **Design of Propulsion and Electric Power Generation Systems.** London: IMarEST, 2002. 494p