

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE NÁUTICA**

**MÉTODOS MODERNOS DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL EM  
EMBARCAÇÕES**

**BERNARDO TARGA MARTINS**

**RIO DE JANEIRO  
SETEMBRO – 2012**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
BERNARDO TARGA MARTINS**

**MÉTODOS MODERNOS DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL EM  
EMBARCAÇÕES**

Monografia apresentado ao curso de  
Aperfeiçoamento para Oficiais de  
Náutica, como requisito à aprovação  
do aluno.

Professor Orientador: Fabíola Liberal

**RIO DE JANEIRO – 2012**

**BERNARDO TARGA MARTINS**

**MÉTODOS MODERNOS DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL EM  
EMBARCAÇÕES**

Monografia apresentada ao curso de  
Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica, como  
requisito à aprovação do aluno.

Professora Orientadora: Fabíola Liberal

**Comissão examinadora:**

---

---

---

**Rio de Janeiro, 11 de Setembro de 2012**

## **Dedicatória**

À minha amada família, ao contribuinte brasileiro que paga pelo ensino público no país e aos queridos colegas Jonas, Dutra e Golden, sem os quais eu não teria condições de completar esse curso de aperfeiçoamento que originou este trabalho.

## **Agradecimentos**

A todos os professores pelo aprendizado adquirido e pelo auxílio prestado, em especial a professora orientadora Fabíola Liberal, que se mostrou em todo momento empenhada a colaborar no desenvolvimento desta monografia.

"Deus ao mar o perigo e o abismo deu, Mas nele é que espelhou o céu."

*Fernando Pessoa*

## MÉTODOS MODERNOS DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL EM EMBARCAÇÕES

Bernardo Targa Martins, Primeiro  
Oficial de Náutica da Marinha  
Mercante.

### RESUMO

A história da navegação tem no final do século XIX e início do século XX um capítulo que nada mais é do que o reflexo da revolução industrial. Os navios que cruzavam os oceanos propelidos pela força do vento passaram a utilizar máquinas a vapor. Inicialmente, as máquinas desenvolvidas eram tão rudimentares e ineficientes que só eram utilizadas em condições desfavoráveis de vento. Durante o século XX, no entanto, viu-se a máquina substituir por completo as velas na navegação comercial. Nesse novo contexto surgiu também um novo conceito que outrora não existia, o de economia de combustível. Inicialmente movidos a carvão, e depois pelos novos combustíveis derivados do petróleo, desenvolvidos ao longo do século XX, os navios se tornaram maiores e mais velozes. No final do século XX surgiu uma nova preocupação, a queima de combustíveis que impulsionou o desenvolvimento do referido século passou a cobrar da humanidade um preço alto sob a forma de poluição atmosférica. O século XXI iniciou com a preocupação de reduzir as emissões causadas pela queima desenfreada de combustíveis iniciada após a revolução industrial. O presente estudo se propõe a analisar os métodos modernos de economia de combustível no transporte marítimo e demais atividades afins bem como entender a importância de tais métodos como forma de reduzir as emissões atmosféricas causadas por embarcações.

Palavras-chave: Economia de combustível, emissão de gases, sustentabilidade e poluição.

## ABSTRACT

The history of navigation has at the end of the XIX century a chapter that is nothing but the mirror image of the industrial revolution. The ships that once sailed the oceans propelled by the force of the winds started using steam engines. At the beginning, the engines available were so simple and uneficient that were only used in non favorable wind conditions. During the XX century the engines replaced completely the sails for comercial shipping purposes. In this new context a new concept, not known before, arised: the fuel saving concept. Initially using coal, and after petroleum derived fuel, developed during the XX century, the ships became bigger and faster. At the end of the XX century a new concern arised. The fuel burned that gave power to the development observed during the XX century charged it back from human kind under the form of atmospheric pollution. The XXI century started with a concern of reducing the substantial emissions caused by a contonupusly increasing fuel consumption that begun after the industrial revolution. The present study has the intends to analyse modern methods of fuel saving developed for the maritime industry and related activities and help to understand the importance of such methods as a way of reducing atmospheric emissions caused by such industry.

Keywords: Fuel economy, gas emissions, sustainability and pollution.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES:

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Embarcação com proa do tipo “X-Bow”.....   | 21 |
| Figura 2 – Embarcação da “Companhia Brasileira de Offshore” com a proa do tipo “X-Bow”..... | 22 |
| Figura 3 – Embarcação pintada com tinta de baixo coeficiente de atrito.....                 | 24 |
| Figura 4 – Análise ao microscópio de tinta com baixo coeficiente de atrito.....             | 25 |
| Figura 5 – Projeto de cargueiro com velas rígidas.....                                      | 27 |
| Figura 6 – Navio equipado com o sistema “Skysails”.....                                     | 28 |
| Figura 7 – Painel de controle do sistema “Skysails”.....                                    | 29 |
| Figura 8 – Navio tanque para gás natural liquefeito.....                                    | 31 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

CBO – Companhia Brasileira de *Offshore*

DP – *Dynamic Positioning*

FPSO – *Floating Production Storage and Offloading*

FSO – Floating Storage and Offloading

IAPPC - *International Air Pollution Prevention Certificate*

IEA – *International Energy Agency*

IMO – *International Maritime Organization*

LNG – *Liquefied Natural Gas*

LNG Carrier – Navio tanque para gás natural liquefeito

MARPOL - The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

PNGN – Plano Nacional de Gás Natural

PSV – *Platform Supply Vessel*

RIPEAM – Regulamento Internacional para evitar Abalroamento no Mar

TPB – Toneladas de Porte Bruto

## GLOSSÁRIO:

Abalroamento – Colisão entre duas embarcações.

Arquitetura Naval - Lida com o projeto e construção dos cascos e estruturas de uma embarcação, a organização do seu espaço interior, bem como com o seu comportamento hidrodinâmico e hidroestático.

Auxílio a navegação – Meios de que o navegante dispõe para auxiliá-lo na tarefa de conduzir uma embarcação.

Nó – Unidade de velocidade equivalente a uma milha náutica por hora ou 1,852 quilômetros por hora.

Posicionamento dinâmico – Técnica através da qual a embarcação se mantém em posição através da sua própria propulsão, sistemas de referência de posição e um computador que gerencia os dados dos sensores e os comandos para os propulsores.

Proa – Parte de vante de uma embarcação.

Seções de vante – Partes da embarcação que dão a forma à proa da embarcação.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| Dedicatória.....  | 3  |
| Agradecimentos.....   | 4  |
| Epígrafe.....   | 5  |
| Resumo.....   | 6  |
| Abstract.....   | 7  |
| Lista de ilustrações.....   | 8  |
| Lista de abreviaturas e siglas.....   | 9  |
| Glossário.....  | 10 |
| Sumário.....  | 11 |
| 1. Introdução.....  | 13 |
| 1.1. Contextualização do tema.....  | 14 |
| 1.2. Definição do problema.....   | 15 |
| 1.3. Relevância do estudo.....  | 16 |
| 1.4. Aspectos metodológicos.....  | 16 |
| 2. Métodos modernos de economia de combustível .....                            | 17 |
| 2.1. O consumo de combustíveis no mar.....                                      | 17 |
| 2.2. Um novo cenário para as tecnologias verdes.....                            | 18 |
| 2.3. Princípios básicos para a economia de combustível em embarcações.....      | 19 |
| 2.3.1. Tecnologias associadas a redução da resistência de embarcações.....      | 20 |
| 2.3.1.1. A tecnologia “X-Bow”.....  | 21 |
| 2.3.1.1.1. Implicações negativas da tecnologia “X-Bow”.....                     | 23 |
| 2.3.1.2. Tintas navais com baixo coeficiente de atrito.....                     | 23 |
| 2.3.1.2.1. Implicações negativas das tintas de baixo coeficiente de atrito..... | 26 |
| 2.3.2. Tecnologias associadas a métodos propulsivos alternativos.....           | 26 |
| 2.3.2.1. A tecnologia “Skysails”.....   | 26 |
| 2.3.2.1.1. Pontos negativos da tecnologia “Skysails”.....                       | 29 |
| 2.3.2.2. A Utilização da carga como combustível.....                            | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.2.2.1. Implicações negativas da utilização da carga como combustível.....                        | 32 |
| 2.3.3. Tecnologias para a indústria de exploração de petróleo.....                                   | 32 |
| 2.3.3.1. O uso do gás natural em plataformas de produção, “FPSOs e “FSOs”.....                       | 34 |
| 2.3.3.1.1. Riscos associados ao uso do gás natural em plataformas de produção, “FPSOs” e “FSOs”..... | 36 |
| 2.3.3.2. Sistemas de posicionamento dinâmico “verdes”.....   | 35 |
| 2.3.3.2.1. Os cuidados ao utilizar os sistemas de posicionamento dinâmico “verdes”.....              | 36 |
| 3. Considerações finais.....   | 36 |
| 4. Referências bibliográficas.....   | 38 |

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O crescimento econômico outrora visto somente com bons olhos, se tornou, nas últimas décadas, um dos grandes vilões da humanidade. A poluição gerada pela civilização pós revolução industrial alterou substancialmente a vida em diversos locais do planeta. Segundo Braga (2002):

“As grandes concentrações humanas que hoje existem na face da Terra podem ser, em muitos aspectos, comparadas com organismos vivos. Dependem de energia para se manter, metabolizam esta energia para o seu funcionamento e produzem resíduos como consequência dos seus processos vitais. Resíduos sólidos, líquidos e gasosos são produzidos por qualquer um de nós através dos processos necessários para manutenção de nossas vidas. Compete a nós fazer uso adequado de nossos recursos energéticos, manter funcionantes os nossos processos metabólicos e manter uma higiene corpórea adequada.”

Estas alterações no ambiente se tornaram tão significativas que passou-se a questionar o desenvolvimento a “qualquer custo” praticado durante o século XX.

No entanto, de acordo com Santana (2002), sabe-se que o transporte aquaviário é um dos mais antigos do mundo e ajudou a evolução de muitos povos e civilizações, que ao longo do tempo, desenvolveram-se em regiões litorâneas ou próximas aos grandes rios.

Para adequar as atividades marítimas a uma nova realidade onde o conceito do desenvolvimento sustentável é cada vez mais praticado, várias tecnologias foram desenvolvidas neste início de século. O grande foco de preocupação se evidenciou como o enorme volume de combustíveis fósseis que são consumidos para viabilizar as diversas atividades econômicas realizadas no mar, segundo Endressen (2007), o consumo de combustível por navios girava em torno dos quatro milhões de toneladas por ano no ano de 2007, e não seria leviano cogitar um crescimento significativo nestes últimos cinco anos.

Esse trabalho tem o objetivo de analisar, do ponto de vista do navegante, as novas tecnologias propostas para a indústria marítima para a economia de combustível em embarcações de diversos empregos analisando para cada uma delas os pontos negativos no que diz respeito à operação da embarcação e as boas práticas marinheiras.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A economia de combustível tornou-se uma preocupação para o homem do mar a partir do momento em que o deslocamento da embarcação passou a depender deste recurso. Segundo Shepherd (1972):

“Inicialmente, quando as embarcações ainda eram movidas a carvão, o espaço que o combustível ocupava era substancial, nesse contexto economizar combustível significava disponibilizar mais espaço para a carga, com o advento de combustíveis oriundos do petróleo, o espaço ocupado pelo combustível deixou de ser a maior preocupação, por terem os mesmos uma capacidade energética por tonelada de combustível muito maior do que no caso do carvão.”

Neste contexto o preço do combustível era o grande o motivador para o desenvolvimento de tecnologias que reduzissem o consumo de combustível das embarcações, com o surgimento de uma maior preocupação ambiental estas novas tecnologias servem também para a redução de emissões. Segundo Vaz (2004):

“A geração e o consumo de energia são fatores relacionados com um grande número de alterações ambientais produzidas ao planeta. Pelo fato de utilizar grande parte da energia não-renovável, os transportes contribuem diretamente com impactos relacionados com a exploração irracional dos recursos naturais, visto que, comparado aos demais setores econômicos, os transportes utilizam combustíveis de origem fóssil de forma intensa.”

Neste início de século, portanto, a economia de combustível tomou um novo significado. As mudanças climáticas e outros fenômenos ambientais atribuídos as substanciais emissões de gases na atmosfera, fizeram com que “economizar combustível” signifique “desenvolvimento sustentável” uma vez que, de acordo com Endressen (2007), as emissões de gases causadores das mudanças climáticas e da poluição são diretamente proporcionais ao volume de combustível consumido pelas embarcações.

Nesse novo contexto, observa-se um empenho mundial em reduzir a poluição atmosférica e suas consequências. Esse empenho foi observado recentemente quando foi realizado o encontro “Rio +20” quando o meio ambiente e as mudanças climáticas estiveram em debate, e, em uma economia de mercado, as oportunidades

para que empresas desenvolvam tecnologias ditas “verdes” se tornam cada vez mais comuns.

Estas novas tecnologias tomaram uma nova conotação perante o mercado, deixaram de ser tecnologia unicamente desenvolvida para a economia de combustível para se tornarem tecnologias que promovem e incorporam o princípio de desenvolvimento sustentável, agregando valor as marcas que as adotam.

Essa preocupação com as questões ambientais pode ser observada por Tavares (1997), que propôs a implementação de Sistema de Gestão Ambiental para as empresas de navegação, onde essa trabalharia com times, garantindo a participação dos empregados na redução contínua dos impactos ambientais.

Tal tendência fez com que Padilha *et al.* (2002) abordassem o impacto da questão ambiental nos navios da Marinha do Brasil e a importância de adequá-los a legislação ambiental.

## 1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Reduzir as emissões de gases na atmosfera se tornou um tema em foco nos diversos setores da economia. A indústria naval sempre desenvolveu tais métodos com o objetivo de economizar combustível como forma de reduzir custos, no entanto, recentemente estes métodos tomaram uma nova conotação, economia de combustível significa também redução de emissões.

Oitenta e um por cento da atual oferta energética mundial, estimada em 11.435 milhões de toneladas equivalentes de petróleo é baseada nos combustíveis fósseis (Fonte: IEA, 2007). Assim, verifica-se que as mudanças climáticas decorrentes das emissões dos gases de efeito estufa apontam uma crise ambiental em escala global sem precedentes.

Deve-se, no entanto, analisar o verdadeiro impacto destas novas tecnologias avaliando também as implicações econômicas e ambientais da utilização das mesmas. Não obstante, é importante avaliar também as consequências que algumas destas tecnologias podem ter na capacidade de manobra das embarcações e consequentemente na segurança da navegação.

Não é o escopo desse trabalho analisar as causas das mudanças climáticas vastamente divulgadas pela imprensa e foco de diversos trabalhos científicos. Com o propósito de justificar o investimento em tecnologias que conduzam a redução do



consumo de combustível por parte das embarcações, aceita-se que qualquer diminuição na queima de combustíveis fósseis resulta, não somente em economia mas também, na mesma proporção, em redução das emissões de gases na atmosfera o que é sempre desejável independentemente da dimensão do impacto positivo que isso venha a resultar.

### **1.3. RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

Diante de um cenário em que a preocupação com o meio ambiente é cada vez maior, as tecnologias que serão discutidas neste trabalho tem relevância neste novo contexto uma vez que a redução de emissões passou a ter uma importância cada vez maior para as empresas que querem se manter no mercado.

Através deste trabalho, o leitor será apresentado a uma visão geral das tecnologias que surgiram recentemente com o objetivo de economizar combustível e, assim o fazendo, reduzir as emissões associadas com a queima de combustíveis fósseis.

Vale lembrar também que diversas destas tecnologias têm implicações na operação da embarcação, o que também será abordado ao longo do trabalho.

### **1.4. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

O presente trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica, no entanto vale salientar que há também uma análise econômica, social e histórica no sentido de justificar e contextualizar o surgimento e o desenvolvimento destas tecnologias.

As implicações na operação da embarcação são, em diversos pontos do trabalho, motivadas pela experiência marinheira do autor que avalia, baseado em seu tempo de mar, como seria ter a bordo algum dos equipamentos apresentados. Em muitos casos os dados relativos à eficiência e à aplicabilidade dessas novas tecnologias são muito incipientes e, normalmente, refletem estudos realizados pelos próprios fabricantes. Os dados apresentados pelos fabricantes podem ser tendenciosos e devem ser analisados de forma muito criteriosa. Muito em breve poderão apreciar resultados mais consistentes sobre estas novas tecnologias

quando as mesmas forem submetidas a trabalhos científicos mais aprofundados com resultados obtidos com imparcialidade.

## **CAPÍTULO 2**

### **MÉTODOS MODERNOS DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL**

De acordo com Aurélio (1986), economia em seu significado mais amplo é o nome dado a ciência social que estuda as atividades econômicas.

No contexto deste trabalho economia toma o significado mais específico dado por Wassily (1986) onde quer dizer administrar os recursos de modo a despende o mínimo para se obter o produto. No caso das atividades marítimas executar o transporte ou deslocar a embarcação para a execução de determinada atividade. De acordo com Ronen (1982), a bordo de embarcações o principal insumo utilizado é o combustível e está neste o principal custo associado às atividades marítimas.

Ao longo desta primeira etapa serão apresentados os princípios através dos quais as tecnologias de economia de combustível são desenvolvidas, em seguida serão apresentadas algumas das mais modernas tecnologias desenvolvidas com este propósito e suas implicações na segurança da navegação.

#### **2.1. O CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NO MAR**

Segundo Endressen (2007), o consumo de combustíveis para as atividades marítimas gira em torno de 400 milhões de toneladas por ano e estima-se que deva atingir 500 milhões de toneladas no ano de 2020.

Associadas a esse considerável consumo estão às emissões de dióxido de carbono e demais gases e partículas sólidas oriundos da queima de combustíveis fósseis. Dentre os gases emitidos há uma grande preocupação com os gases contendo enxofre e outras substâncias tóxicas presentes em combustíveis de baixa qualidade, o que foi abordado por Grabosky (2008).

Não é o escopo deste trabalho analisar as causas das mudanças climáticas ou da poluição atmosférica vastamente divulgadas pela imprensa e foco de diversos trabalhos científicos. Com o propósito de justificar o investimento em tecnologias que conduzam a redução do consumo de combustível por parte das embarcações,

aceita-se que qualquer diminuição na queima de combustíveis fósseis resulta não somente em economia mas também, na mesma proporção, em redução das emissões citadas anteriormente e reconhecidamente prejudiciais a humanidade.

## 2.2. UM NOVO CENÁRIO PARA AS TECNOLOGIAS “VERDES”

Nunca antes na história as empresas de desenvolvimento de tecnologias direcionadas à redução do consumo de combustíveis pelas embarcações, e conseqüentemente redução de emissões de gases, tiveram uma oportunidade de mercado tão atraente. Anteriormente sujeitas às oscilações do preço dos combustíveis, estas empresas dependiam do mercado para viabilizar o investimento no desenvolvimento de seus produtos. Ao longo das principais crises do petróleo descritas por Campbell (1988), crise de 1973, devido ao embargo dos países árabes produtores, 1979, devido à revolução no Irã e 1990, durante a guerra do Golfo, o preço do petróleo esteve em alta. Esta alta nos preços incentivou pesquisas em diversas tecnologias para a economia de combustíveis, no entanto, o fim das crises e o retorno do preço do petróleo a patamares normais, acabava por inviabilizar a aplicação destas tecnologias a bordo. Hoje em dia, por outro lado, investir nestas tecnologias e ter uma embarcação que consome menos significa colocar em prática o princípio do desenvolvimento sustentável. Ao mesmo tempo que se obtêm economia de combustível, aderir a uma postura ecologicamente correta agrega valor à marca que o faz. Além disso, pode-se observar que vários países concedem a empresas que aderem a estes tipos de tecnologias incentivos fiscais. Estes países, em contrapartida, ao incentivar estas tecnologias por parte de sua iniciativa privada tenta cumprir metas de redução de emissões acordadas nos diversos protocolos internacionais de redução de emissões atmosféricas.

A preocupação com o meio ambiente tomou tamanha proporção nos últimos anos que leis específicas para reduzir emissões foram adotadas por diversos países. No setor marítimo, as leis dos estados signatários da organização marítima internacional, IMO, relativas à redução de emissões estão amparadas pelo anexo VI da MARPOL, convenção internacional para a redução da poluição causada por navios que no referido anexo prevê as normas para a redução da poluição do ar causada por navios. Conforme o MARPOL Anexo VI (2008), para poder navegar legalmente os navios de hoje em dia devem dispor do certificado internacional para

a prevenção da poluição do ar ou IAPPC do inglês “*International Air Pollution Prevention Certificate*” emitido pelas sociedades classificadoras.

Em paralelo com a pressão impelida pelas normas, diversas empresas adotam tecnologias “verdes” como forma de atender a solicitação dos seus clientes. Recentemente, o navio que obteve o contrato para trazer peças de turbinas eólicas a serem instaladas no Brasil tinha a bordo o moderno sistema “Skysails”, que será falado em mais detalhes. Segundo Schueneman (2008), o contrato de transporte das citadas turbinas eólicas estava condicionado à utilização de uma embarcação que empregasse algum método de redução de emissões, o que ia de encontro com a proposta do tipo de carga a ser transportada.

Neste novo cenário descrito, em conjunto com um mercado favorável às tecnologias verdes, observa-se um contexto econômico como nunca antes visto em favor das tecnologias em prol da sustentabilidade a serem empregadas em embarcações de todos os tipos e mais variados empregos.

### **2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA A ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL EM EMBARCAÇÕES**

Existem basicamente duas maneiras de se obter uma redução no consumo de combustível em uma embarcação, o primeiro consiste em reduzir a resistência ao avanço da embarcação implementando novos projetos de casco e aplicando novos tipos de pintura, outra maneira consiste em utilizar propulsão alternativa ou otimizar o sistema propulsivo em uso na embarcação.

Em ambos os casos deve-se entender que as soluções apresentadas pela indústria podem ou não ser adotadas pelas empresas que investem somas substanciais de dinheiro na construção de embarcações. A decisão pela utilização ou não destas tecnologias passa por estudos de viabilidade econômica, emprego da embarcação a ser construída ou modificada, requisitos contratuais e, mais recentemente, incentivos fiscais oferecidos por bandeiras às empresas que se comprometem em reduzir emissões atmosféricas que estão, como mencionado anteriormente, diretamente associadas a redução do consumo de combustível entre outras medidas.

No Brasil de acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior foi desenvolvido o “Plano Setorial de Redução de Emissões” que visa reduzir em 5% as emissões de gás carbônico da indústria através de medidas detalhadamente descritas para cada setor e metas a serem cumpridas pelos mesmos.

### **2.3.1. TECNOLOGIAS ASSOCIADAS À REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA DAS EMBARCAÇÕES**

A compreensão mais aprofundada de um método de redução do consumo de combustível através da redução da resistência ao avanço da embarcação passa invariavelmente pelo entendimento do que é exatamente a resistência experimentada pela embarcação. De acordo com Lewis (1989):

“Ao deslocar-se sobre a água a embarcação experimenta o atrito entre o referido fluido e a superfície do casco. Esse atrito pode ser evidenciado pela existência de uma camada que é mais fina na região de vante da embarcação e que se alarga ao longo da mesma, no caso do deslocamento para adiante, sendo conhecida como camada limite. Essa camada dá origem à esteira da embarcação e consiste em um volume substancial de água que é colocado em movimento pela passagem da embarcação. Isso, obviamente, consome uma quantidade de energia substancial que é provida pela embarcação. Há também formação de ondas que variam de tamanho em função da velocidade que a embarcação desenvolve e a uma complexa interferência entre os diversos sistemas de ondas observados ao longo do casco em movimento. Apêndices e curvas abruptas no desenho do casco dão origem a redemoinhos que também consomem energia provida pelo sistema propulsivo da embarcação.”

Os três fenômenos descritos acima são partes distintas de um todo, a resistência ao avanço de uma embarcação pode ser compreendida, portanto, como o somatório da resistência friccional, e resistência residual. Segundo Lewis (1989):

“Cerca de oitenta por cento do total da resistência de uma embarcação de baixa velocidade corresponde a resistência friccional, a resistência residual, que consiste no somatório da resistência de geração de ondas e resistência dos apêndices das obras vivas além de, em menor escala, resistência devido ao vento nas obras mortas da embarcação corresponde aos demais vinte por cento.”

O arquiteto naval tem como objetivo desenvolver uma embarcação que cumpra a sua atividade fim, seja essa qual for dentre as diversas atividades de que se pode necessitar dispor de uma embarcação, consiga atingir a velocidade de serviço necessária para tal tipo de serviço e utilize no cumprimento desta atividade o mínimo possível de combustível.

Atingir esse objetivo passa por desenvolver um casco que se desloque com o mínimo de resistência. Para fazê-lo o arquiteto naval precisa atacar um dos elementos da resistência de cada vez, verificando as implicações que as modificações idealizadas têm nos demais e, obviamente, nas especificações finais da embarcação e nas características operacionais da mesma.

#### 2.3.1.1. A TECNOLOGIA “X-BOW”

Desenvolvida com o objetivo de aperfeiçoar as qualidades marinheiras das embarcações e ao mesmo tempo reduzir o consumo de combustível, a tecnologia “X-Bow” é uma marca registrada da empresa norueguesa Ulstein. Criada em 1917 essa empresa se especializou em projetos navais e automação de equipamentos e sistemas para a indústria naval.



Figura 1 – Fonte: Acervo Ulstein

A tecnologia “X-Bow” promove economia de combustível, entre outras vantagens para a embarcação, através de um desenho inovador do casco. A economia de combustível é obtida primordialmente pela redução da componente de geração de ondas da resistência. Até então a mais conhecida maneira de se reduzir

a componente de geração de ondas de uma embarcação era a utilização do bulbo ou proa bulbosa. De acordo com Lewis (1989), a adição do bulbo às obras vivas da embarcação contribui negativamente na resistência friccional ao aumentar a área molhada ao casco. O que se obtém, ao final, é um ganho relativamente pequeno uma vez que ao reduzir-se a componente de ondas da resistência acaba-se por aumentar a componente friccional, e ao mesmo tempo uma grande complicação na construção das seções de vante da embarcação. A nova proa concebida pela Ulstein promove as vantagens similares àquelas proporcionadas pela proa bulbosa sem o incremento à resistência friccional, promovendo um ganho final superior e uma construção mais simples das seções de vante.

De acordo com Xu (2012), a economia de combustível obtida em testes com um navio porta contentores de pequeno porte construído com a proa do tipo “X-Bow” variou de 7 a 15 por cento, enquanto houve considerável economia em material e mão de obra utilizada na construção desta embarcação.

No Brasil, a CBO (Companhia Brasileira de Offshore) do grupo Fisher, empresa especializada em operar embarcações de apoio a indústria offshore encomendou ao estaleiro Aliança, pertencente ao mesmo grupo, quatro embarcações do tipo PSV, sigla do inglês “ Platform Supply Vessel” ou embarcação supridora de plataforma, que incorporam a proa desenvolvida pela Ulstein duas delas de 3000 TPB e duas de 4500 TPB.



Figura 2 – Fonte: Portos e Navios

Ao contrário do que se possa imaginar, esse novo desenho não foi concebido somente para embarcações de pequeno porte como os PSVs mas há projetos de navios porta contentores, navios sonda entre outros com a nova proa “X-Bow”.

Outras vantagens que não estão diretamente relacionadas à economia de combustível mas que são atribuídas a esse novo desenho são a redução no consumo de aço e do número de homens/hora necessários para a fabricação das seções de vante da embarcação. Observa-se também que o volume útil da proa da embarcação seja substancialmente melhorado em comparação com uma proa convencional. Os projetos com este tipo de proa utilizam a superestrutura na parte de vante das embarcações que adotam este desenho, de tal maneira que a carga não ofereça obstrução a visão do oficial de navegação.

#### **2.3.1.1.1. IMPLICAÇÕES NEGATIVAS DA TECNOLOGIA “X-BOW”**

Infelizmente nem tudo em novos conceitos se reverte em benefícios. A proa fechada observada nas embarcações com proa “X-Bow” dificulta as manobras de atracação por dificultar a passagem das retinidas. Há também questionamento quanto à capacidade deste novo tipo de proa de evitar que o mar espalhado pela proa do navio atrapalhe a visão do navegante. Obviamente o fabricante (Ulstein) alega que todas as vantagens apresentadas pelo projeto superam estas pequenas desvantagens observadas e que no caso da visibilidade para o navegante, a nova proa tem entrada na água muito mais suave e, portanto, espalha muito menos água na maioria das condições de mar, causando menos problemas ao navegante no passadiço.

No caso da amarração pela proa das embarcações do tipo “X-Bow”, a forma diferente da proa apresenta soluções específicas para a passagem dos cabos sendo a operação ainda mais segura que em embarcações comuns já que a área de manobra é mais protegida neste novo conceito de proa.

#### **2.3.1.2. TINTAS NAVAIS COM BAIXO COEFICIENTE DE ATRITO**

A pintura de uma embarcação representa a etapa final da construção do corpo principal da mesma, o casco. Antes do batimento da quilha e do lançamento



do casco ao mar, o forro exterior das obras vivas do navio recebe diversas camadas de tinta cuidadosamente aplicadas e que vão garantir a vida útil da embarcação.

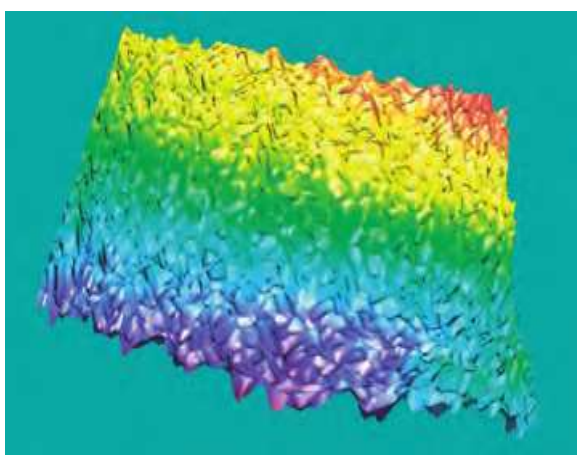
A última camada de tinta, o acabamento, representa a superfície de contato entre as obras vivas da embarcação e o fluido em que ele se desloca, seja água doce ou salgada. Por ser a camada de acabamento a última barreira de contato entre o navio e a água, é exatamente ali que se desenvolve a resistência friccional. Vale lembrar que segundo Lewis (1989), a resistência friccional corresponde, nos navios mercantes, por aproximadamente oitenta por cento da resistência total ao avanço do navio.

Com o propósito de reduzir a resistência friccional observou-se um desenvolvimento substancial das tintas navais, como são chamadas as tintas desenvolvidas para a pintura de embarcações. Tuukkanen et al (1984) abordaram o uso de tintas de baixo coeficiente de atrito para embarcações e reportam em seu trabalho a economia de até cinco por cento de combustível com o uso destas tintas. Uma economia de cinco por cento em combustível para uma embarcação mercante certamente compensa ao armador em tempos de alta nos preços dos combustíveis. Parece, no entanto, que os armadores deixam de optar por estas tintas mais modernas, e mais caras, quando não há uma pressão do mercado sobre o preço dos combustíveis.

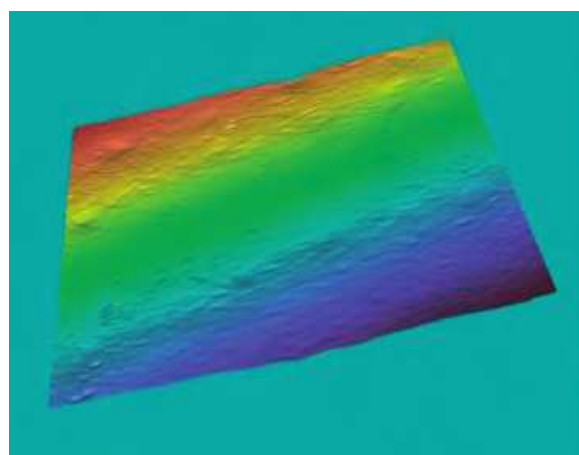


Figura 3 – Fonte: International Marine Coatings

A explicação técnica para o melhor rendimento dessas modernas tintas pode ser compreendida ao se observar o resultado da pintura a nível microscópico. As novas tintas de baixo coeficiente de atrito, oferecem como resultado uma superfície muito menos rugosa do que em tintas convencionais. De acordo com Tuukkanen et al (1984), a condição da superfície a ser pintada é também determinante para a boa performance da pintura de baixo coeficiente de atrito, uma análise ao microscópio diz muito sobre as razões de uma tinta de baixa fricção reduzir a resistência friccional, como observa-se na figura 4.



Pintura convencional.



Pintura com tinta de baixa fricção.

Figura 4 – Fonte: *International Marine Coatings*

A grande vantagem da pintura de baixo coeficiente de atrito é não modificar em nada a operação e as características da embarcação. A primeira impressão que se tem é que não há nada de significativamente novo na embarcação, no entanto, foram anos de pesquisa e desenvolvimento para que hoje possa-se dispor no mercado deste tipo de produto. As grandes empresas de navegação como Maersk entre outras utilizam as tintas citadas o que representa uma economia substancial ao considerar-se a considerável economia que pode-se obter quando fala-se em uma empresa que dispõe de centenas de embarcações. ASAROTIS et al (2012) também menciona o fato de as tintas de baixa fricção modernas dificultarem o desenvolvimento de cracas nas obras vivas. Por este motivo, além de apresentar menor fricção às tintas mantém o casco limpo por mais tempo, mantendo a baixa fricção por maiores períodos de tempo.

### **2.3.1.2.1. IMPLICAÇÕES NEGATIVAS DAS TINTAS DE BAIXO COEFICIENTE DE ATRITO**

As tintas de baixa fricção abordadas por TUUKKANEN et al (1984) e ASAROTIS et al (2012), em sua maioria não apresentam nenhuma desvantagem em relação as tintas convencionais se não o custo mais elevado. A operação da embarcação e demais aspectos operacionais não sofrem alterações tampouco. Vale salientar que, no entanto, que estas tintas só garantem suas propriedades quando aplicadas sobre superfícies em boas condições.

### **2.3.2. TECNOLOGIAS ASSOCIADAS A MÉTODOS PROPULSIVOS ALTERNATIVOS**

Quando reduzir a resistência da embarcação deixa de ser uma opção viável, os engenheiros passam a contar somente com a opção de aderir a sistemas propulsivos alternativos ou a otimização dos sistemas propulsivos em uso na embarcação como forma de reduzir o consumo. Nesse caso, o que se está tentando obter é mais potência para propelar a embarcação, ou seja, aumentar a sua velocidade sem aumentar o consumo ou, mais comumente, manter uma determinada velocidade de serviço com menor consumo de combustível.

As próximas soluções tecnológicas apresentadas na sequência do trabalho, algumas já em uso pela indústria naval e outras em fase de desenvolvimento, aplicam os princípios descritos acima.

#### **2.3.2.1. A TECNOLOGIA “SKYSAILS”**

Baseada em uma das formas mais antigas de se propelar uma embarcação, a tecnologia “Skysails” é a revolução da navegação à vela. A princípio pode parecer um sistema simples baseado em um princípio rudimentar, mas a tecnologia aplicada no sistema em questão é realmente de causar surpresa aos que pesquisam melhor os detalhes de funcionamento do sistema “Skysails”.

A empresa alemã criada no início do século XXI, mais precisamente em 2001, na cidade de Hamburgo teve como fundadores os engenheiros Stephan Wrage e Thomas Meyer. Durante o ano de 2001, o preço do barril de petróleo girava em

torno de 20 a 30 dólares americanos, nada de assustador quando se observa uma alta que levou o preço do barril a valores acima de 120 dólares no segundo trimestre de 2008 (Fonte: *OILISM Crude Oil Prices, History & Analysis*). Ao fazer-se essa análise pode-se pensar: o que levou Wrage e Meyer a investir neste tipo de conceito de economia de combustível em um período em que os preços do petróleo não justificariam uma grande demanda por estas tecnologias? Vale lembrar, no entanto, que o partido “verde” alemão ganhou muita força nesta mesma época e que a Alemanha passou a investir de forma consistente em fontes renováveis de energia.

Com o cenário local favorável, os jovens engenheiros que investiram no desenvolvimento das velas do futuro, tinham pela frente os entraves já conhecidos por antecessores que propuseram anteriormente a volta do uso do vento como propulsão auxiliar para navios cargueiros. Priebe (1986) concluiu que o maior problema que se apresenta para a utilização de velas auxiliares para navios cargueiros é aonde e como instalar as mesmas já que precisam ser grandes de modo a propiciar algum ganho, mas, ao mesmo tempo, não podem dificultar o acesso a carga e tampouco causar maior resistência ao avanço do navio em condições de vento desfavoráveis. O conceito desenvolvido pelo japonês Kiyoshi Uzawa de um cargueiro equipado com velas rígidas supostamente proporcionaria uma economia de aproximadamente trinta por cento no consumo de combustível. Ao observar-se a embarcação, no entanto, é evidente que para atingir este patamar de economia o equipamento instalado ocupa uma grande área do convés como pode ser observado na figura 5.



Figura 5 – Fonte: Randolph Johnson

Para solucionar esse problema, a vela utilizada pelo sistema “skysails” está como bem diz o nome, armada no céu sob a forma de uma enorme pipa que pode ter área de 320 metros quadrados e voar tracionando um cabo de 100 a 300 metros de comprimento, o sistema “Skysails” pode ser todo recolhido e estivado a bordo de maneira a ocupar o mínimo espaço causando pouca interferência na operação da embarcação quando não está em uso ou quando o vento não é favorável para o seu uso.



Figura 6 – Fonte: Revista Portos e Navios

O equipamento completo que pode ser instalado tanto em navios novos como em navios existentes e consiste de uma pipa, um cabo de tração, o sistema de lançamento e recolhimento da pipa e o sistema de controle totalmente automatizado que é instalado no passadiço. De acordo com o fabricante, o sistema não requer tripulação adicional para a sua operação mas o mesmo oferece treinamento específico para aqueles tripulantes que estarão envolvidos na operação do sistema.

O navio cargueiro “Beluga Skysails” construído pelo estaleiro holandês Volharding para o armador alemão “Beluga Group” com 132 m de comprimento e capacidade para 474 TEU não impressiona por seu tamanho ou porte, mas foi esse o primeiro navio comercial a utilizar o sistema propulsivo alternativo “Skysails”. Por dispor de tecnologia para redução de emissões a bordo foi escolhido por empresas

alemãs que exportam equipamentos para geradores eólicos de energia elétrica para realizar o transporte destes equipamentos da Europa para países da América do Sul e Central. Em 2010 o navio aportou no porto de Imbituba, no sul do Brasil, trazendo turbinas eólicas e pás para os projetos em andamento de usinas eólicas de geração de energia elétrica. Segundo Kleiner (2007), o equipamento completo custa de setecentos mil a dois milhões de dólares, mas com a economia de combustível proporcionada o investimento pode ser recuperado no prazo de três a cinco anos.



Figura 7 – Fonte: *Skysails*

#### 2.3.2.2.1. PONTOS NEGATIVOS DA TECNOLOGIA “SKYSAILS”

Ao imaginar-se um navio cruzando o oceano sendo rebocado por uma pipa de tamanho gigante pode parecer ir contra todas as regras de governo e boa marinharia. Pode-se questionar, portanto, quais são as implicações na manobra e governo da embarcação quando o sistema “Skysails” está em uso. Segundo o fabricante não há nenhuma implicação na segurança da navegação e o mesmo alega que o sistema pode ser recolhido rapidamente voltando o navio a sua condição normal. Vale lembrar, no entanto, que as regras de governo e navegação implementadas pela organização marítima internacional “IMO” em 1972 e revisadas constantemente conhecidas por Regulamento internacional para evitar abalroamento no mar ou RIPEAM, não prevê nas regras 12, que se referem a embarcações a vela, regra 15, responsabilidade entre embarcações ou regra 25, sinais e marcas que devem ser exibidas por uma embarcação à vela, nada referente a esta nova

tecnologia. Apesar das colocações do fabricante o assunto ainda deverá ser discutido em maior profundidade pela IMO para que uma futura revisão possa refletir essa nova realidade já presente nos mares.

Quem observar uma embarcação utilizando o sistema “Skysails” se surpreenderá já que ao invés de ficar parada em uma posição a pipa descreve um percurso no céu para ampliar a força de tração gerada. O percurso descrito pela pipa assemelha-se a um oito deitado, ou, alusivamente às fontes renováveis de energia, o símbolo matemático para infinito.

### 2.3.2.3. A UTILIZAÇÃO DA CARGA COMO COMBUSTÍVEL

Nas últimas duas décadas houve um substancial crescimento no uso do gás natural como combustível de automóveis, termelétricas e indústria em geral. Segundo Zamalloa et al (2002), com a instituição do plano nacional de gás natural (PNGN) o Brasil passou a converter sua matriz energética de modo que no ano dois mil a participação do gás natural já era de dez por cento. A grande dificuldade na utilização do gás natural, segundo Zamalloa et al (2002), no entanto, é a sua volatilidade. O gás natural, para que possa ser transportado em quantidades viáveis economicamente precisa estar na fase líquida. Segundo Castelani (2003):

“No estado líquido, como gás natural liquefeito - GNL, o transporte pode ser efetuado por meio de navios, barcas ou caminhões criogênicos, à baixas temperaturas (-160oC) e pressão próxima da atmosférica, conforme Figura 3.5. Nessas condições, seu volume é reduzido cerca de 600 vezes. Neste caso, para ser utilizado, o gás deve ser revaporizado em equipamentos apropriados. No estado gasoso, o transporte do gás natural é feito por meio de gasodutos ou, em casos muito específicos, em cilindros de alta pressão (como gás natural comprimido - GNC). Em ambos os casos o transporte é realizado na temperatura ambiente e a altas pressões, as quais podem chegar a 230 bar em cilindros e 120 bar em gasodutos.”

Para o transporte do gás natural por terra foram construídos gasodutos como o bem conhecido “gasoduto Brasil-Bolívia”. Para o transporte do gás natural por mar foram desenvolvidas modernas embarcações, os “LNG Carriers” ou navios tanque para gás natural liquefeito. O surgimento destas embarcações só foi possível graças ao desenvolvimento de modernos materiais e processos nas indústrias metalúrgica e



naval. Estes navios são de tamanha complexidade em suas operações que na maioria dos portos são tratados com os mesmos cuidados dedicados a navios nucleares.



Figura 8 – Fonte: Portos e Navios

No Rio de Janeiro, por exemplo, há precauções especiais para a entrada e a saída de um navio de gás natural da área portuária.

Em muitos destes navios, ao longo da viagem, a variação da temperatura externa e os movimentos associados ao deslocamento do navio fazem com que a pressão nos tanques de carga suba demais. A solução dada pelos projetistas foi consumir a própria carga do navio utilizando-a como combustível ao longo da viagem. Do ponto de vista de sustentabilidade e redução de emissões essa é uma solução que reduz a quantidade de gás que necessita ser reprocessada á bordo e ainda proporciona ao navio uma quantidade tal de energia que possibilita velocidades de cruzeiro bem superiores a de outras classes de navios tanque. Por exemplo, navios tanque para gás natural liquefeito têm velocidade média de cruzeiro de vinte e um nós, enquanto os demais navios tanque têm velocidade média de



aproximadamente quinze nós, segundo *“The International Group of Liquefied Gas Importers”*.

#### **2.3.2.3.1. IMPLICAÇÕES NEGATIVAS NA UTILIZAÇÃO DA CARGA COMO COMBUSTÍVEL**

A operação de navios para gás natural liquefeito é uma atividade recente. Segundo Martins e Natacci (2009):

“Particularmente para navios para transporte de GNC, uma vez que não há navios semelhantes em operação no mundo, não se dispõe de dados adquiridos de experiência de operação nem de avaliação histórica de acidentes. Isso implica na impossibilidade de aplicação de algumas técnicas de análise de risco. Para que a elaboração da análise preliminar de riscos para navios tanque de GNC seja objetiva, recomenda-se adotar, entre todas as técnicas disponíveis, a técnica de análise preliminar de perigos seguida da elaboração da matriz de risco. Essas técnicas mostram-se práticas e eficazes em função do nível de informações disponível para o projeto em questão. A matriz de riscos permite visualizar os eventos de maior impacto para a segurança da embarcação, onde devem ser implementadas alterações de projeto e/ou previstas salvaguardas e medidas mitigadoras, fundamentando decisões baseadas em risco.”

Com poucos dados históricos que garantam a confiabilidade dos procedimentos adotados por esta nova tecnologia, a utilização de parte da carga como combustível pelo navio ao longo de uma viagem traz, principalmente, duas implicações negativas. Primeiramente tal prática deve ser acordada entre o armador e o afretador uma vez que haverá diferença entre o volume de carga embarcada e o volume na chegada ao porto. Isso deve estar contemplado através de contratos de transporte especialmente redigidos para este tipo de transporte. Em segundo lugar, o navio deve dispor de todos diversos sistemas novos ainda pouco testados o que sempre envolve riscos operacionais.

#### **2.3.3. TÉCNOLOGIAS PARA A INDÚSTRIA DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO**

As indústrias de exploração de petróleo que eram chamadas anteriormente de petrolíferas, nos últimos anos, passaram a mudar sua razão social, ou seja, o nome pelo qual as conhecemos no mercado, para empresas de “energia”. A razão

pela qual estas empresas têm feito isso se resume ao fato de dissociar as mesmas da atividade de exploração de petróleo já que muitas destas empresas têm investido em outras fontes de energia.

No entanto, dentro das suas atividades principais existe também um grande esforço para economizar insumos e reduzir o custo de produção do petróleo assim como reduzir emissões. O óleo cru, como é conhecido o petróleo em seu estado bruto, que antes era produzido a custos bem baixos por serem as reservas de fácil exploração, entre outros fatores, hoje demanda milhões de dólares em investimentos para que se viabilize um campo produtor. Vale lembrar que hoje em dia as reservas de petróleo são em sua maioria de difícil acesso e que a demanda pelo petróleo também inflaciona os produtos e serviços associados ao setor.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, no Brasil mais de noventa por cento do petróleo produzido vem da exploração no mar ou como conhecemos mais popularmente, exploração “offshore”. Este tipo de exploração requer os maiores investimentos e envolve embarcações conhecidas no meio como plataformas, bem como se faz uso de unidades com forma de navio chamadas de “FPSOs” da sigla em inglês para “Floating Productios Storage and Offloading” e “FSOs” da sigla em inglês para “Floating Storage and Offloading”. Estas unidades marítimas construídas especialmente para as atividades de perfuração e produção de poços de petróleo no mar possuem uma grande variedade de tipos e tamanhos. As características destas unidades visam atender principalmente o propósito a que vão servir e a lâmina d’água em que vão operar, entre outros requisitos operacionais como temperatura da água e clima de onde vão operar.

Dentro deste contexto, se identifica as principais tecnologias desenvolvidas para atender estas embarcações de formas e dimensões particulares com o propósito específico de minimizar o consumo de combustível destas unidades marítimas e conseqüentemente as emissões associadas.

#### **2.3.3.1. O USO DO GÁS NATURAL EM PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO, “FPSOs” E “FSOs”**

Nas mais recentes descobertas de reservas de petróleo há, devido às profundidades em que estão estas reservas abaixo da superfície seja do continente ou abaixo do fundo do mar, enormes quantidades de gás associado ao petróleo.

Anteriormente, esse gás encontrado em menores quantidades em reservas mais próximas à superfície podia ser queimado. Essa prática foi sempre muito questionada por todos os que observavam as plataformas com grandes queimadores desperdiçando quantidades enormes de energia. A grande questão por trás desta prática consiste em viabilizar o uso do gás encontrado nos poços de petróleo, chamado gás natural. Apesar de existirem embarcações desenvolvidas para o transporte do gás natural, utilizar o mesmo no próprio local de produção passou a ser a opção mais comum. As plataformas de produção, os “FPSOs” e os “FSOs”, como são chamadas as unidades marítimas que recebem o petróleo dos poços produtores e separam água, gás e petróleo passaram a utilizar o gás natural como seu próprio combustível. Essa prática por si só já economiza o combustível que deixa de ser necessário para estas plataformas. Segundo Zebal (2012):

“O aproveitamento de uma turbina a gás varia entre 35 a 40%, mas o calor gerado nas turbinas também é aproveitado por cogeração, elevando o aproveitamento para cerca de 80%. Atualmente, o padrão de projeto que é utilizado é de três geradores, sendo um reserva. Só na UN-BC, há 30 turbogeradores e 46 motores a diesel. Nas unidades marítimas, a energia elétrica é aproveitada para iluminação, sistemas de comunicação e equipamentos, como bombas e aquecedores. Toda plataforma tem um motor diesel alimentando um gerador, porque quando não se tem produção de gás, ainda assim é preciso ter uma quantidade mínima de energia para manter, por exemplo, o sistema de comunicação funcionando e rota de fuga iluminada.”

Por necessitarem de energia vinte e quatro horas por dia e sete dias por semana, é essencial que estas plataformas disponham de equipamentos reserva para, no caso de falha de algum dos geradores, ainda seja possível a continuação da produção, como bem colocado por Zebal (2012). Os geradores empregados são compostos por um motor e um alternador, para acionar o alternador e gerar eletricidade o motor é alimentado, normalmente, por óleo diesel.

Quando os geradores são acionados por turbinas a gás, que são alimentadas pelo gás natural gerado na própria unidade através do processo de separação do petróleo, água, gás e outras impurezas como areia e cascalho que acabam seguindo através do poço produtor, observa-se economia de combustível e redução de emissões em dois níveis, no primeiro a unidade marítima deixa de queimar óleo diesel e utiliza o gás natural que seria desperdiçado nos queimadores. Em segundo

lugar as embarcações supridoras que seriam empregadas no transporte deste óleo diesel também deixam de ser necessárias para este propósito.

#### **2.3.3.1.1. RISCOS ASSOCIADOS AO USO DO GÁS NATURAL EM PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO, “FPSOs” E “FSOs”.**

Assim como no transporte do gás natural, utilizá-lo como combustível a bordo das unidades marítimas requer cuidados e precauções. Como abordado por Natacci (2009), a volatilidade e características físico-químicas do gás natural lhe conferem um alto grau de risco operacional. Os vazamentos de gás natural são difíceis de serem detectados e as explosões envolvendo o gás natural assumem grandes proporções.

#### **2.3.3.2. SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO “VERDES”**

Como abordado anteriormente, os campos de petróleo que se encontram a distâncias cada vez maiores da costa demandaram o desenvolvimento de novas tecnologias para viabilizar a exploração do petróleo nestas remotas localidades.

Segundo Pratt (1997), o sistema de posicionamento dinâmico foi aperfeiçoado para viabilizar a exploração de petróleo em águas profundas, apesar de ter sido inicialmente usado para fins militares. Fay (1988) definiu:

“O sistema de posicionamento dinâmico é um método eficaz de substituir os sistemas de ancoragem utilizados até então, sendo de eficiência superior a tais sistemas principalmente em águas profundas, sendo o primeiro navio a se manter em posição através do sistema de posicionamento dinâmico o navio de perfuração “Cuss1” em 1961 nas águas ao largo da Califórnia.”

Surgia, portanto, um novo auxílio à navegação que se desenvolveu sobremaneira ao longo das décadas que sucederam. Viu-se os sistemas de posicionamento dinâmico também incorporarem recursos para viabilizar a redução do consumo de combustível enquanto a embarcação mantém a posição através do posicionamento dinâmico, o modo de operação que proporciona essa economia ficou conhecido popularmente no meio marítimo como “*Green DP*”.

De acordo com o fabricante o sistema de controle ecologicamente correto promove substancial economia de combustível ao manter a posição da embarcação utilizando um modelo não linear de previsão da posição da mesma, ao contrário do método tradicional que utiliza a posição atual da embarcação para, então, corrigi-la. O que inicialmente pode parecer simples, baseia-se na solução de equações matemáticas de profunda complexidade que somente os modernos computadores utilizados pelos sistemas de posicionamento dinâmico modernos conseguem suportar, já que, vale lembrar que o sistema precisa solucionar o problema matemático apresentado pela computação de todas as variáveis pelo menos uma vez a cada segundo, para que possa fornecer aos propulsores da embarcação comandos confiáveis e em tempo hábil para que a posição seja mantida com a maior precisão possível.

#### **2.3.3.2.1. OS CUIDADOS AO UTILIZAR OS SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO “VERDES”**

O maior fabricante de sistemas de posicionamento dinâmico hoje no mercado recomenda que a devida cautela seja tomada ao utilizar o modo verde ou “*green mode*” em operações críticas que necessitam a manutenção de um posicionamento muito preciso.

A princípio isso leva o usuário a questionar a confiabilidade do sistema, mas é característica deste modo de operação a embarcação oscilar mais a posição dentro de um círculo determinado pelo operador. Uma vez que este limite é ultrapassado o sistema passa a utilizar o modo de alta precisão e a embarcação retorna ao interior do círculo previamente estabelecido pelo operador.

### **CAPÍTULO 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao longo deste trabalho foram apresentadas diversas tecnologias modernas que propõem a redução do consumo de combustível bem como a melhor utilização dos recursos energéticos empregados na indústria marítima.

O conceito de sustentabilidade, segundo o relatório de Brundtland (1987), é a habilidade das gerações presentes suprirem as suas necessidades, sem afetar as

possibilidades das gerações futuras suprirem as suas, surge, então, a necessidade de reduzir o consumo das energias não renováveis garantindo a disponibilidade das mesmas para as gerações futuras.

É imprescindível, no entanto, entender-se que o uso de novas tecnologias nas atividades marítimas pode ter implicações na segurança e desempenho das embarcações que as adota. Neste contexto o cumprimento das convenções internacionais que preconizam a salvaguarda da vida humana no mar (SOLAS) e a segurança da navegação (RIPEAM) devem estar em primeiro lugar. A abordagem dada neste trabalho a estas novas tecnologias teve como primeiro objetivo identificar quais eram as novas tecnologias disponíveis dando uma breve descrição de cada uma delas e identificando algumas das implicações do uso destas tecnologias nos aspectos de salvaguarda da vida humana do mar e segurança da navegação. Embora muitas destas tecnologias já tenham sido submetidas ao crivo da ciência, muitas delas são tão recentes que ainda não dispõem de dados confiáveis a não ser aqueles apresentados e divulgados pelos próprios fabricantes.

## Referências Bibliográficas:

ASARIOTIS, Regina; BENAMARA, Hassiba. **Marine transport and the climate change challenge**, United Nations – Earthscan, 2012.

BRAGA, Alfésio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. **Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana**, Faculdade de Medicina da USP, 2002.

ENDRESSEN, Oyvind; SORGARD, Eirik; BEHRENS, Hanna Lee; BRETT, Per Olaf; ISAKSEN, Ivar S. A. **A historical reconstruction of ships' fuel consumption and emissions**, *Journal of Geophysical Research*, Volume 112, 2007.

FAY, Hubert. **Dynamic Positioning Systems: Principles, Design and Applications**, Editions Technip, Paris, 1990.

HOLANDA, A. B., **Dicionário Aurélio Escolar da Língua Portuguesa**, 5 ed., Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2007.

KLEINER, Kurt. **The Shipping Forecast**. *Nature*, International weekly journal of Science, 449 ed. 2007.

LEWIS, Edward V. **Principles of Naval Architecture**, Society of Naval Architects and Marine Engineers, Vol. 2, 1989.

MARTINS, Marcelo Ramos; NATACCI, Faustina Beatriz. **Metodologia para Análise Preliminar de Riscos de um Navio de Transporte de Gás Natural Comprimido**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação**, Brasília, 2012.

PRIEBE, Paul D. **Modern commercial sailing ship fundamentals**. Centreville, Cornell Maritime Press, 1986.

PRATT, Joseph A.; CASTANEDA, Christopher James. **Offshore Pioneers: Brown & Root and the History of Offshore Oil and Gas**, 1997.

SANTANA, Walter Araújo; TACHIBANA, Toshi-ichi. **Propostas de metodologias técnico-ambientais para o desenvolvimento do transporte commercial de cargas nas hidrovias**, Departamento de Engenharia Naval, São Paulo, 2002.

SHEPHERD, James; WALTON, Gary M. ***Shipping, Maritime Trade, and the Economic Development of Colonial North America***. Cambridge University Press, Nova Iorque, 1972.

SHUENEMAN, Tom. ***The MS Beluga Skysails Leaves Port on her Maiden Commercial Voyage***, Triple pundit journal, 2008.

TUUKKANEN, Kai; VILJAVA, Tapio. ***Low Friction Hull Coatings for Ships***. Marine Fouling Seminar, 1984.

VAZ, Caroline Rodrigues; FAGUNDES, Alexandre Borges; MACIEL, Nicélia Aparecida. ***As Mudanças Climáticas e a Questão Energética***, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

WASSILY, Leontief. ***A Economia do insumo-produto***. São Paulo, Ed. Nova Cultural, 1986.

XU, Li Hua et al. ***Discuss on Green Shipbuilding Technology: Design and Material***, Hu Yunchang Recyclibg Technology and Research Center of Vessel and Marine Structure, Tianjin, China, 2012.

ZEBRAL, Daniel Eduardo da Silva et al. ***O uso das energias renováveis nas plataformas de petróleo***, Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, 2012.