

MARINHA DO BRASIL

**TRATAMENTO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL:
Processos de Tratamento de Óleo Diesel em Embarcações Off-Shore**

Filipe Renier Leite Rebouças

Rio de Janeiro
2012

MARINHA DO BRASIL

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

**TRATAMENTO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL:
Processos de Tratamento de Óleo Diesel em Embarcações Off-Shore**

Aluno:
Filipe Renier Leite Rebouças

Orientador: Ramessés César da Silva Santos

Rio de Janeiro
2012

MARINHA DO BRASIL

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

**TRATAMENTO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL:
Processos de Tratamento de Óleo Diesel em Embarcações Off-Shore**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquina (APMA).

Aluno: Filipe Renier Leite Rebouças.

Aprovada em: ___ / ___ / _____

Rio de Janeiro
2012

Este trabalho é dedicado a Deus e aos meus pais, Francisco Wilson Rebouças Maia e Lenise Leite Rebouças, por me darem à vida e terem me apoiado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Aos profissionais com os quais trabalhei e aos professores, os quais me orientam até os dias de hoje.

RESUMO

Este estudo aborda o óleo diesel, enfatizando sua evolução até os dias atuais, visando adaptar o consumo desse combustível pelos motores que acionam os navios às exigências do mercado referentes a novos padrões estabelecidos pelos organismos de controle do meio ambiente internacionais que visam reduzir os teores dos gases poluentes lançados pelas embarcações. Após breve descrição das propriedades e características do combustível diesel, são apresentadas as inovações trazidas pelas novas tecnologias de fabricantes engajados nos esforços de aumentar a eficiência e a economia do consumo de combustível pelos navios de transporte de cargas e passageiros em curso off-shore.

Palavras-chave: Embarcações. Off-Shore. Motores. Óleo diesel.

ABSTRACT

This study addresses the diesel oil, emphasizing its evolution to the present day, in order to adapt the fuel consumption of the engines that ships use to market requirements for new standards established by the international environment control aimed at reducing the levels of gaseous pollutants released by vessels. After a brief description of the properties and characteristics of diesel oil, are described the innovations generated by the new technologies of manufacturers engaged in efforts to increase the efficiency and economy of fuel consumption by cargo and passenger ships that transport in off-shore course.

Key-words: Ships. Off-shore. Engines. Diesel oil.

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus centígrados ou Celsius
CGSB	Canadian General Standards Board
CMT	Chartage Maritime Transport
CO	Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
DCPD	Diciclopentadieno
DNV	Det Norske Veritas
Dwt	Deadweight tonnage
EEDI	Desenho de Eficiência de Energia
ESPO	Organização Europeia de Portos Marítimos
GP	Green Passport
GT	Gross Tonnage
IIEC	International Energy Efficiency Certificate
IMO	International Maritime Organization – Organização Marítima Internacional
HP	Horse Power / Cavalos de Força
Hz	Hertz
IIEC	Certificado de Eficiência de Energia Internacional
IMO	International Maritime Organization
ISO	International Standards Organization
JIP	Joint Industry Project
Kts	Knots (nós)
kW	Quilowatt
LNG	Liquid Natural Gas
LSFO	Low Sulphur Fuel Oil
MARPOL	Convenção Internacional para Prevenção de Poluição por Navios
MCR	Cotação contínua máxima
MINT	Fundo de Inovação e Tecnologia Marítima
MPA	Maritime and Ports Authority
MW	Megawatt
Nm	Nautical mile
NOx	Óxido de nitrogênio

O ₂	Dióxido de oxigênio
OSV	Offshore Service Vessel
PARC	Process and Asset Risk Management Conference
ppm	Partículas por milímetro
PSV	Plataforma de combustível duplo
R&D	Research & Development
rev/min	revolução por minuto
RNLI	Royal National Lifeboat Institution
rpm	Rotação por minuto
SECA	Área de Controle da Emissão de SO _x (MARPOL V1)
SEEMP	Plano de Gerenciamento de Eficiência da Energia de Navios
SFOC	Consumo de óleo combustível otimizado
TDG	Transporte de Mercadorias Perigosas

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: O Sealand	17
Fig. 2: O Olympic.....	18
Fig. 3: Motor diesel, cilindro e virabrequim	19
Fig. 4: OSV (Offshore Service Vessel)	26
Fig. 5: Motor marítimo a diesel MAN S90ME-C9.2.....	28
Fig. 6: Os três modos MCR	30
Fig. 7: Motor a gás de queima pobre Bergen	32
Fig. 8: Combustão do motor a gás de queima pobre Bergen	33
Fig. 9: Diagrama de dados da emissão de NOx.....	34
Fig. 10: Diagrama de uma microturbina	36
Fig. 11: Instalações de LNG no porto de Zeebrugge, Noruega	39
Fig. 12: Barcaça abastecedora de óleo combustível.....	41
Fig. 13: O motor diesel naval Wartsila 32.....	43
Fig. 14: Motores Wartsila 32 – Navio de passageiros Finnmarken	45
Fig. 15: Motor diesel marítimo Scania de 13 litros.....	46
Fig. 16: Protótipo do FCB2 do RNLi no Supacat.....	47
Fig. 17: Desenho do PSV SV310DF	49
Fig. 18: Inspeção de tolerância	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de emissões da microturbina Capstone	36
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1	
1 O ÓLEO DIESEL, SUAS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS	16
1.1 O APARECIMENTO DOS MOTORES NAVAIS A DIESEL.....	16
1.1.1 O Sealandia	16
1.1.2 O Olypic	17
1.2 COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE DIESEL CONVENCIONAIS	19
1.3 QUALIDADES E PROPRIEDADES DO COMBUSTÍVEL DIESEL	20
1.3.1 Número de cetano.....	20
1.3.2 Volatilidade	21
1.3.3 Viscosidade.....	22
1.3.4 Lubricidade do combustível	22
1.3.5 Ponto de Inflamação (Flash Point)	23
1.3.6 Teor de enxofre.....	23
1.3.7 Resíduos de carbono	24
1.3.8 Cinza.....	24
1.3.9 Acidez	24
1.3.10 Condutividade elétrica.....	24
1.3.11 Estabilidade térmica.....	25
1.4 NORMAS INTERNACIONAIS SOBRE COMBUSTÍVEL DIESEL.....	25
CAPÍTULO 2	
2 TECNOLOGIAS MAIS RECENTES	28
2.1 MOTOR DE DESLOCAMENTO LENTO MAN S90MEC9.2.....	28
2.1.1 SFOC otimizado (Consumo específico de óleo combustível)	29
2.1.2 SFOC (Consumo de óleo Combustível Otimizado) Otimizado.....	29
2.2 MOTOR DE IGNIÇÃO POR CENTELHA DE GÁS NATURAL DE QUEIMA POBRE DE VELOCIDADE MÉDIA (CICLO OTTO)	31
2.2.1 Emissão de Nox para os motores Bergen.....	34
2.3 MICROTURBINAS CAPSTONE	35
2.4 LNG – GÁS NATURAL LÍQUIDO.....	37
2.4.1 Abastecimento de LNG na Europa.....	38
2.4.2 Abastecimento de LNG no Sudeste asiático	39
2.5 TESTE DE COMBUSTÍVEL DE MOTORES DIESEL MARÍTIMOS	40
2.6 CONTAMINAÇÃO POR ÓLEO COMBUSTÍVEL	41
2.6.1 UM PROBLEMA GLOBAL	41
CAPÍTULO 3	
3 INOVAÇÕES PIONEIRAS	43
3.1 MOTOR WARTSILA 32	43

3.1.1 Desenvolvimento do motor Wartsila 32.....	44
3.1.2 Última geração de Wartsila 32	44
3.2 NOVA GERAÇÃO SCANIA DE MOTORES DIESEL MARÍTIMOS PARA DUPLA DE LANÇAMENTO EM PRAIA RNLI	45
3.2.1 RNLI Classe Shannon e Trator de Lançamento e Recuperação Supacat .	47
3.3 PRIMEIRO PSV DE COMBUSTÍVEL DUPLO LNG NO HORIZONTE	48
3.3.1 Registro de barcos norte-americanos lento para acompanhar a tecnologia de motores diesel marítimos LNG	49
3.3.2 Desenho do SV310DF “verde” da Harvey Gulf	50
3.4 O PROJETO HERCULES LEVANTA A BANDEIRA PARA O DESEMPENHO DOS ANÉIS DE PISTÃO E REVESTIMENTOS	50
3.4.1 O Projeto HERCULES	51
3.4.2 Em direção ao Estado de Arte dos Anéis de Pistão e Revestimentos de cilindros	51
CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS.....	54

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa bibliográfica irá analisar as novas formas de tratamento de óleo combustível que vêm sendo empregadas nos processos mais modernos de tratamento de óleo diesel em embarcações no ambiente off-shore.

A energia é essencial para que a humanidade possa desempenhar suas atividades cotidianas, seja ela de origem nuclear, elétrica ou de fósseis. O petróleo é atualmente a maior fonte de energia e de inúmeros derivados, os quais constituem a base do sistema energético mundial.

Os processos envolvidos na produção de petróleo inicialmente eram todos realizados em terra, na própria superfície ou a poucos metros de profundidade. Posteriormente, ficou evidente a necessidade da extração de petróleo em profundidades cada vez maiores, o que trouxe muitos desafios que provocaram o surgimento de novas tecnologias. Com o acréscimo da produção mundial de produtos e com o encurtamento das distâncias em relação ao comércio, deu-se a necessidade de maior produção de energia para atender à crescente demanda, sendo necessária a busca de novas jazidas petrolíferas.

O fato de as reservas mundiais em terra serem de propriedade de alguns poucos países deixava a oscilação dos preços sempre à mercê de especulações, e a saída encontrada foi a extração de petróleo em leito marinho, com a escavação de poços em alto mar e a alocação de plataformas para dar estrutura física a essa busca. Esse novo cenário fez surgir novos processos, com muitos novos equipamentos para dar conta dessa nova forma de produção, entre eles as embarcações que trabalham suprindo a produção e transporte de petróleo, derivados e materiais. Vários tipos de embarcações são responsáveis pelas múltiplas tarefas de armazenar, transportar, transferir, descartar resíduos gerados durante a extração dos materiais, dar suporte, movimentar e ancorar plataformas, lançar dutos, recolher o óleo derramado, e muitas outras.

Ultimamente, tem-se observado o surgimento da conscientização, entre todos os segmentos envolvidos, de que se torna cada vez mais premente a necessidade de se utilizar um produto de boa qualidade como fonte energética. Para isso, tem-se desenvolvido vários artifícios visando a otimização dos derivados do petróleo, em especial os produtos chamados “claros”, tais como diesel, gasolina, querosene etc.

As pessoas que desenvolvem esses processos têm que ter conhecimento técnico e treinamento específico para executarem todas as rotinas relacionadas aos procedimentos a serem realizados, tais como: extração, transporte, tratamento e armazenamento do óleo. Os recursos materiais, humanos e financeiros também têm que ser levados em consideração, e exigem uma série de requisitos para que esta ação possa ser regulamentada.

Esta pesquisa vai resumir e comparar os trabalhos apresentados em anos recentes sobre o tema, principalmente na imprensa em nível internacional dedicada aos assuntos marítimos e científicos. Assim, no capítulo 2 tem-se a Introdução ao assunto, com algumas noções básicas sobre o óleo diesel, suas propriedades e características e aspectos históricos de seu aparecimento no mercado; o capítulo 3 traz as tecnologias mais recentes que vieram tornar o combustível diesel mais adequado às normas internacionais, levando em conta a preservação do meio ambiente; em seguida são apresentadas as conclusões e as referências que foram utilizadas para a realização do trabalho.

1 O ÓLEO DIESEL, SUAS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

1.1 O APARECIMENTO DOS MOTORES NAVAIS A DIESEL

O início do século passado vê o lançamento do Sealandia, o primeiro navio de carga de curso oceânico com propulsão por motor a diesel que, no ano de 1911, juntamente com o Olympic, fez sua viagem inaugural com propulsão compartilhada entre turbina a vapor na nova moda e o motor de reciprocidade a vapor (BACKWELL, 2012d).

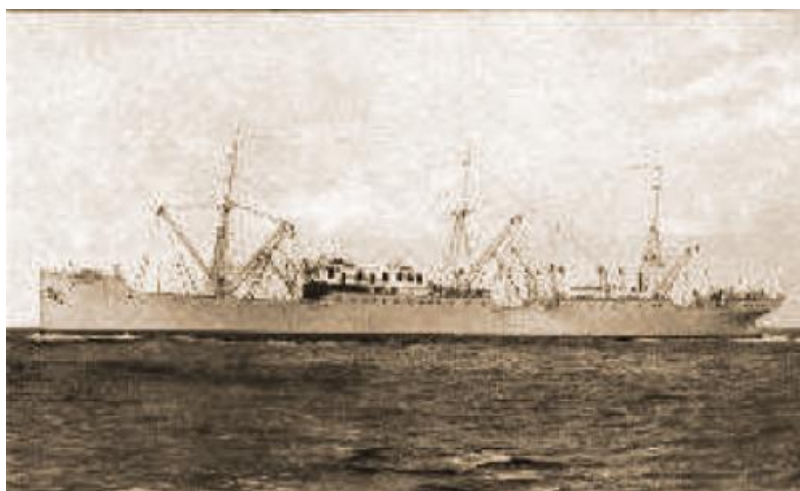
Joseph Conrad descreveu o moderno navio de passageiros como "uma maravilha da ciência aplicada em seu lado técnico, e uma imitação precária e desagradável de um Hotel Ritz em sua atmosfera social. Conrad, autor fanático pelos assuntos náuticos e mestre da era dos navios a vela, gravou essa sua impressão em seu ensaio *Ocean Travel*, após uma viagem transatlântica que ele fez nos anos vinte. Embora por vias separadas, ambos, o Olympic e o Sealandia exemplificam duas dessas maravilhas da ciência aplicada, como pensava Conrad (BACKWELL, 2012d).

1.1.1 O Sealandia

O Sealandia, com suas 6.800 toneladas de porte bruto, foi o primeiro navio do mundo da faixa oceânica propulsionado por um motor a diesel (de acordo com a opinião mais generalizada), lançado em 1911 nos estaleiros Burmeister & Wain, em Copenhague, para ser entregue à Companhia East Asiatic da Dinamarca. A potência de propulsão foi fornecida por dois motores a diesel de 8 cilindros, 4 ciclos, 1.250 hp, comandando hélices duplas.

Winston Churchill, ministro encarregado pelo Almirantado Britânico naquela ocasião, viu o significado desse desenvolvimento, facilitando a realização do negócio quando o Sealandia chegou a Londres, mas não ficou registrado se ele previu que o motor a diesel marítimo eventualmente iria sobrepor-se à turbina a

vapor até dominar a propulsão dos navios mercantis como chegou até os dias de hoje (BACKWELL, 2012d).



**Figura 1 - O Sealand – navio irmão gêmeo do Titanic e do Britannic.
Fonte: (BACKWELL, 2012d)**

1.1.2 O Olympic

Nas pegadas do Cunard (navios de passageiros transatlânticos rivais), que estavam empregando uma nova turbina a vapor para a propulsão de seus novos navios, os proprietários do Olympic, a White Star Line, andava em busca de motor mais recente para seu trio de novos navios. Entretanto, os construtores de Belfast, Harland e Wolff aconselharam uma abordagem mais cautelosa, instalando uma constelação combinada no Olympic. Uma a vapor de baixa pressão acionava o eixo central, enquanto um motor de reciprocidade a vapor bem confirmado fazia o trabalho restante (motores de expansão tripla, de 4 cilindros), para comandar as duas hélices externas.

No verão de 1911, o Olympic, de aparência idêntica à do Titanic, fez sua viagem transatlântica pioneira, de Southampton a New York, eventualmente para fazer jus a seu apelido afetado de "Old Reliable" (Velho Confiável), e desta época

em diante a turbina a vapor gradualmente tornou-se a opção preferida para propulsão de novos navios de passageiros construídos.



**Figura 2 – O Olympic, da White Star Line.
Fonte: Backwell, 2012d**

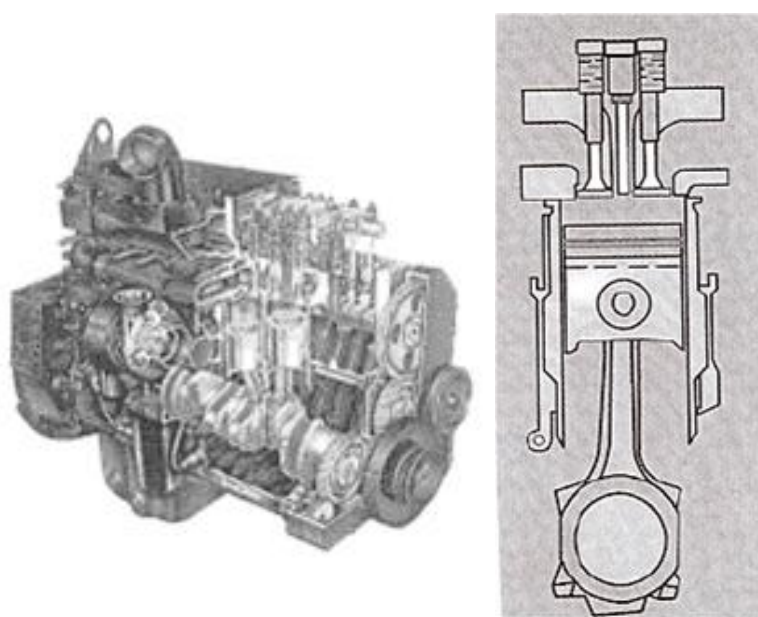
O ano de 1911 foi assim um ano agitado por inovações em propulsão marinha, e será difícil outro ano superá-lo, no século que veio em seguida.

1.2 COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE DIESEL CONVENCIONAIS

Os combustíveis à base de diesel convencionais são destilados com uma faixa de ebulição de cerca de 149° C a 371°C, obtido pela destilação de óleo cru. Os componentes dos combustíveis de diesel são frações de curso direto contendo hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, nafta e gasóleo. Os óleos de gás atmosféricos tendem a ter ignição de boa qualidade (número de cetano), mas muitos contém alguns hidrocarbonetos de alto ponto de fusão (gorduras) que podem resultar em altos pontos de nebulização e gotejamento (UFA, 2009).

Essas frações são misturadas para produzir diferentes graus sazonais de combustíveis de diesel exigidos para atender a uma ampla faixa de usos de motores a diesel.

O combustível de diesel produz força em um motor quando é atomizado e misturado com ar na câmara de combustão. A pressão causada pela elevação do pistão no cilindro causa um rápido aumento da temperatura. Quando o combustível é injetado, a mistura combustível/ar entra em ignição e a energia do combustível diesel é liberada, forçando o pistão para baixo e girando o eixo de propulsão (virabrequim), como indicado na Figura 3 (EASTLACK, 2011).



**Figura 3 – Motor diesel, cilindro e virabrequim.
Fonte: Chevron Corporation, apud UFA, 2009.**

1.3 QUALIDADES E PROPRIEDADES DO COMBUSTÍVEL DIESEL

1.3.1 Número de cetano

Número de cetano é uma medida do retardo de ignição de um combustível diesel. Quanto mais curto o intervalo entre o tempo em que o combustível é injetado e o tempo em que ele começa a queimar, mais alto é o número de cetano. É a medida da facilidade com que o combustível pode ser queimado e é mais significativo na partida à baixa temperatura, aquecimento, ponto morto e lento, e na combustão uniforme. As exigências do número de cetano dependem do desenho e do tamanho do motor, da natureza da velocidade e das variações de carga, e das condições da partida e da atmosfera (EASTLACK, 2011).

Alguns hidrocarbonetos queimam mais prontamente do que outros e são mais desejáveis, devido a este curto retardo da ignição. Os hidrocarbonetos preferidos em ordem decrescente de seu número de cetano são: parafinas normais, oleofinas, nafetnos, iso-parafinas e aromáticos.

Esta é a ordem inversa de sua qualidade anti-trava. O número de cetano é medido em um motor de teste de cilindro único, com uma taxa de compressão variável. Os combustíveis de referência usados são misturas de cetano, que tem um retardo de ignição muito curto, e alfametil naftaleno, que tem um retardo de ignição longo. A percentagem de cetano no combustível de referência é definida como o número de cetano do combustível testado.

A importância do número de cetano é bastante evidente, uma vez que o número de cetano usualmente causa um retardo na ignição no motor. Este retardo causa dificuldades na partida e trava do motor. O retardo da ignição também causa pouca economia de combustível, perda de força e às vezes danos ao motor. Um combustível com número de cetano baixo também pode causar fumaça branca e odor na partida, nos dias mais frios. A fumaça de exaustão branca é composta por vapores de combustível e aldeídos criados pela combustão incompleta do motor. O retardo da ignição sob clima frio é frequentemente a causa. Não há calor suficiente na câmara de combustão para queimar o combustível e, sendo assim, este não queima completamente (EASTLACK, 2011).

Os motores a diesel cujas velocidades são cotadas abaixo de 500 rpm são classificados como motores de velocidade lenta; de 500 a 1200 rpm como motores médios e de mais de 1200 rpm como de alta velocidade. Os combustíveis diesel típicos têm números de cetano de 40 na faixa de baixo a médio. Estes são geralmente satisfatórios para motores de alta velocidade enquanto que os motores de velocidade baixa e média usam combustíveis com número de cetano mais baixos.

Algumas refinarias têm usado aditivos tais como o hexilnitrato ou amilnitrato, para aumentar os números de cetano (EASTLACK, 2011).

1.3.2 Volatilidade

A característica de destilação do combustível descreve sua volatilidade. Um combustível perfeitamente projetado tem a proporção ótima de componentes de baixa ebulição para fácil partida fria e rápido aquecimento e componentes mais pesados que proporcionam economia de força e combustível quando o motor atinge a temperatura de operação. Tanto a volatilidade alta demais quanto a baixa demais podem causar o aparecimento de fumaça, depósitos de carbono e diluição de óleo devido ao efeito na injeção e vaporização do combustível na câmara de combustão. Os pontos 10, 50 e 90% são os principais controles de volatilidade. O Padrão Geral Canadense 2-3.6M81 permite um ponto 90% de 360°C para o combustível diesel tipo B e ponto máximo de 90% de 290° para o combustível diesel tipo A.

As exigências de volatilidade do combustível também dependem do desenho e tamanho do motor, da natureza das variações de velocidade e carga, e das condições de partida e atmosféricas. Para um motor em serviços que envolvam cargas e velocidades flutuando rapidamente, os combustíveis mais voláteis proporcionam um desempenho melhor, particularmente com respeito à fumaça e odor. Entretanto, uma melhor economia de combustível é geralmente obtida a partir dos tipos mais pesados de combustível devido a seu teor mais elevado de energia (EASTLACK, 2011).

1.3.3 Viscosidade

Viscosidade é uma medida da resistência de um líquido ao fluxo. Alta viscosidade significa que o combustível é espesso e não flui facilmente. O combustível com viscosidade errada (ou alta ou baixa de mais) pode causar danos ao motor ou ao sistema de combustão.

O combustível com alta viscosidade aumenta o desgaste do trem de engrenagens, do came e da placa de pressão no conjunto da bomba de combustível devido à pressão de injeção mais elevada. O combustível atomiza menos eficientemente e o motor fica mais difícil de dar a partida (EASTLACK, 2011).

O combustível de baixa viscosidade não proporciona a lubrificação adequada dos êmbolos, cachimbos e injetores, e seu uso deve ser avaliado cuidadosamente.

A viscosidade do combustível afeta a atomização e a taxa de distribuição do combustível. A viscosidade do combustível diesel é normalmente especificada a 40°C. Os combustíveis com viscosidades acima de 5,5 centistokes a 40° são limitados ao uso em motores de baixa velocidade, e podem exigir preaquecimento para injeção. O CGSB tem uma faixa de viscosidade de 1,30-3,60 para o combustível Tipo A, enquanto que a faixa é de 1,70-4,10 para o combustível Tipo B.

Para alguns motores, é vantajoso especificar uma viscosidade mínima, devido à perda de força devido à bomba de injeção e vazamento do injetor. A viscosidade máxima, por outro lado, é limitada por considerações envolvidas no desenho e tamanho do motor, à temperatura do combustível e às características do sistema de injeção (EASTLACK, 2011).

1.3.4 Lubricidade do combustível

Alguns processos usados para dessulfurizar o combustível diesel, se forem severos o bastante, podem também reduzir as qualidades de lubrificação naturais do combustível diesel. Como os motores exigem que o combustível diesel aja como um lubrificante para seus sistemas de injeção, o combustível diesel deve ter lubricidade suficiente para dar a proteção adequada contra o desgaste excessivo do sistema de

injeção. Aham-se disponíveis aditivos que podem melhorar a lubricidade do combustível diesel, entretanto esses aditivos podem ter efeitos colaterais indesejáveis quando usados em concentrações excessivas ou em combinação com outros aditivos (EASTLACK, 2011).

1.3.5 Ponto de Inflamação (Flash Point)

O ponto de inflamação é determinado aquecendo-se o combustível em uma pequena câmara hermética até os vapores entrarem em ignição quando uma pequena chama é passada sobre a superfície do líquido. A temperatura do combustível nesse ponto é o ponto de inflamação, ou ponto de fulgor. O ponto de inflamação de um combustível diesel não tem relação com seu desempenho em um motor, nem em suas qualidades de auto-ignição. Ele tão somente proporciona uma checagem útil sobre os contaminantes suspeitados tais como gasolina, pois uma pequena proporção de gasolina, digamos, de 0,5%, pode diminuir muito marcadamente o ponto de inflamação do combustível.

Os regulamentos de transporte por navio, armazenagem e manejo estabelecem um ponto de inflamação mínimo de 40°C. Este é um aspecto muito importante relacionado às exigências legais (tais como os regulamentos de Transporte de Mercadorias Perigosas (TDG) e às precauções de segurança envolvidas no manejo e armazenagem, sendo exigido cumprir as normas de segurança e incêndio (EASTLACK, 2011).

1.3.6 Teor de enxofre

O enxofre presente no combustível diesel pode causar a formação de depósitos na câmara de combustão, corrosão do sistema de exaustão e desgaste dos pistões, anéis e cilindros, particularmente às temperaturas da camisa de água. A tolerância ao enxofre por um motor depende do tipo do mesmo, do tipo de serviço e do óleo lubrificante utilizado (EASTLACK, 2011).

1.3.7 Resíduos de carbono

O resíduo de carbono dá uma medida das tendências de deposição de carbono de um combustível diesel após a evaporação e a pirólise sob as condições prescritas. Embora não se correlacionem diretamente aos depósitos nos motores, esta propriedade deve ser considerada como um guia (EASTLACK, 2011).

1.3.8 Cinza

O material formador de cinzas pode estar presente no combustível diesel de duas formas: (1) sólidos abrasivos e (2) sabões metálicos solúveis. Os sólidos abrasivos contribuem para o desgaste do injetor, bomba de combustível, pistão e anel, e também para os depósitos do motor. Os sabões metálicos solúveis têm pouco efeito no desgaste, mas podem contribuir para os depósitos no motor (EASTLACK, 2011).

1.3.9 Acidez

A acidez do combustível diesel, se não for controlada, pode causar má estabilidade do combustível, corrosão do aço doce, e formação de depósito em alguns tipos de equipamento de injeção de combustível (EASTLACK, 2011).

1.3.10 Condutividade elétrica

A capacidade de um combustível dissipar a carga elétrica que tenha sido gerada durante as operações de bombeamento e filtragem é controlada por sua condutividade. Se a condutividade de um combustível for suficientemente alta, a

carga eletrostática se dissipa rápido o bastante para evitar seu acúmulo e potenciais elétricos perigosamente elevados serão evitados (EASTLACK, 2011).

1.3.11 Estabilidade térmica

A transferência de calor é uma função do projeto de combustíveis diesel em muitos motores diesel modernos. Somente uma parte do combustível que é circulado e pressurizado pelo sistema de injeção de combustível é realmente queimada. O restante do combustível é reciclado voltando ao tanque de combustível. A temperatura bruta do combustível pode estar bem acima dos níveis do ambiente. A estabilidade da alta temperatura de um combustível diesel pode resultar na formação de produtos de degradação insolúvel que podem causar obstrução dos filtros (EASTLACK, 2011).

Sob temperaturas mais frias, a reciclagem de combustível aquecido de volta para um tanque de combustível mais frio, pode causar problemas de condensação, que podem levar ao aumento da mistura livre no combustível. Este problema pode levar à obstrução dos filtros e precisar da manutenção de frequência mais alta do filtro separador ou dos drenos (EASTLACK, 2011).

1.4 NORMAS INTERNACIONAIS SOBRE COMBUSTÍVEL DIESEL

A Organização Marítima Internacional (IMO) recentemente adotou medidas obrigatórias para reduzir os gases estufa, as quais foram adotadas por todas as partes e introduzidas como o Anexo VI MARPOL, expedido pelo Comitê de Proteção Ambiental Marítima daquela Organização. Este esforço representou o primeiro regime de redução de gás estufa global obrigatório já feito por um setor da indústria internacional (EASTLACK, 2011).



Figura 4. OSV (Offshore Service Vessel) acionado por LNG.
Rolls Royce, In Debth, 2011 / Eastlack, 2011.

As emendas aos Regulamentos do Anexo VI MARPOL para a prevenção da poluição do ar vindo de navios inclui um novo capítulo (capítulo 4) aos Regulamentos do Anexo VI sobre eficiência da energia para novos navios para atender a um Índice de Desenho de Eficiência de Energia (EEDI) para navios novos, e o Plano de Gerenciamento da Eficiência da Energia de Navios (SEEMP) para todos os navios. Outras emendas ao Anexo VI adionaram novas definições e exigências para inspeção e certificação, incluindo o formato de um novo Certificado de Eficiência de Energia Internacional (IMO).

O novo Certificado de Eficiência de Energia Internacional (IEEC) será introduzido em todos os navios também. Ele irá incluir um suplemento para gravação de dados particulares relacionados à eficiência de energia do navio, tais como o sistema de propulsão. Um novo navio é definido como um navio com mais de 400 GT (Gross Tonnage) Toneladas Brutas, quando o contrato de construção for fechado em ou após 1º de janeiro de 2013 ou, na ausência de um contrato de construção, a quilha for colocada em ou após 1º de junho de 2013 ou a entrega da embarcação for após 1º de junho de 2015. O projetista do navio terá que desenvolver um arquivo técnico do Índice do Desenho de Eficiência de Energia (EEDI), contendo a documentação e os cálculos necessários. Uma verificação preliminar do desenho será feita baseada em testes do tanque, dados dos fabricantes e particularidades do desenho. Por ocasião do lançamento ao mar, a

velocidade do navio será medida e o arquivo técnico para o navio será atualizado junto com os certificados do motor e outras documentações necessárias. O arquivo técnico EEDI precisará ser verificado por uma administração de bandeira ou uma organização reconhecida e o IEEC será emitido. Esses regulamentos se aplicarão a todos os navios de 400 toneladas brutas e acima, e se espera que entrem em vigor em 1º de janeiro de 2013 (EASTLACK, 2011).

O EEDI deixa a opção das tecnologias por conta do proprietário ou projetista do navio, desde que o nível de eficiência de energia exigido seja atingido. Os projetistas e construtores do navio ficarão livres para usar as soluções mais custo-eficientes para o navio atender aos regulamentos. O Plano de Gerenciamento da Eficiência de Energia de Navios (SEEMP) se aplica aos navios novos e existentes. O SEEMP constitui um mecanismo para os operadores de embarcações usarem e melhorarem a eficiência de energia no navio. Este SEEMP deve ser preparado para cada navio e é personalizado para o tipo do navio e seu perfil operacional. O desenvolvimento de um SEEMP deve traçar a experiência organizacional do proprietário do navio e ser designado para atender às exigências do IMO e, finalmente, resultar na redução de gás de estufa almejada (EASTLACK, 2011).

2 TECNOLOGIAS MAIS RECENTES

2.1 MOTOR DE DESLOCAMENTO LENTO MAN S90MEC9.2

Os operadores de navios contêineres, em sua busca pelo consumo mais baixo possível de óleo combustível sob qualquer carga do motor, receberam com muito interesse as notícias da MAN Diesel & Turbo no sentido de que o primeiro motor de dois tempos de grande porte de tempo super longo especificamente projetado para essas embarcações, o S90MEC9.2, acaba de passar com sucesso pelos experiência no banco de ensaio da Divisão de Motores e Maquinários da Hyundai Heavy Industries (BACKWELL, 2012a).



Figura 5: Motor marítimo a diesel MAN S90ME-C9.2.
Fonte: Foto da Man Diesel & Turbo / Backwell, 2012a

O novo motor, de tamanho reduzido para as salas de máquinas de um navio container (embora seja já verdade o maior que já foi projetado pela MAN) é baseado no motor VLCC otimizado S90ME-C8, uma vez que os operadores estão visando reduzir os custos operacionais através do deslocamento lento, eliminação do turbo-

carregador e otimização do motor de carga baixa, itens esses que são todos oferecidos pelo novo motor (BACKWELL, 2012a).

2.1.1 SFOC otimizado (Consumo específico de óleo combustível)

Os motores principais de dois tempos de baixa velocidade da MAN existentes, do tipo MC, com eixo de comando de cadeia, têm flexibilidade limitada com relação à injeção de combustível e a ativação da válvula de exaustão, que são os dois fatores mais importantes do ajuste do motor para combinar com as condições de operação prevalentes (BACKWELL, 2012a).

Um sistema com ativação hidráulica controlada eletronicamente proporciona a flexibilidade requerida, e um sistema assim forma o núcleo do "Sistema Controle Motor" da EM.

As funções de controle são exercidas sobre o booster de pressão do combustível, onde a pressão do óleo é controlada por uma válvula proporcional controlada eletronicamente; a válvula de exaustão, que é aberta hidraulicamente por meio de um ativador de dois estágios (e fechada por uma "mola de ar"), e as válvulas de partida, que são abertas pneumáticamente por válvulas "Liga/Desliga" controladas eletronicamente (BACKWELL, 2012a).

No sistema hidráulico, o óleo lubrificante normal é usado como mídia, filtrado e pressurizado por uma unidade de Fornecimento de Corrente Hidráulica, montada sobre o motor ou colocada em algum outro ponto da sala de máquinas.

Pelo controle eletrônico de cada uma dessas válvulas, de acordo com a posição do eixo de mudança instantâneo medida, o Sistema de Controle Motor controla assim totalmente o processo de combustão.

2.1.2 SFOC (Consumo de Óleo Combustível Otimizado) Otimizado

Em seu esforço para reduzir o CO₂ e ao mesmo tempo o consumo de combustível, os proprietários de navios sentem a necessidade, em termos de

desafios econômicos, de operar seus navios a uma velocidade náutica reduzida e conseqüentemente de reduzir a carga do motor, o que demanda maior flexibilidade operacional do motor.

Esta flexibilidade é obtida no novo motor por meio de diferentes "Modos de Marcha do Motor", que são selecionados automaticamente, dependendo das condições de operação, ou manualmente pelo operador, para atender a metas específicas. O modo de marcha básico é o "modo de Economia de Combustível", para atender às limitações de emissão de NOx da International Maritime Organization – IMO (BACKWELL, 2012a).

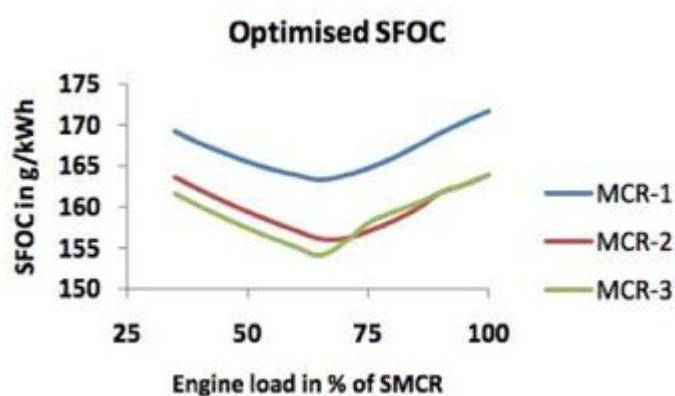


Figura 6 – Os três modos MCR

Fonte: Gráfico por cortesia da MAN Diesel & Turbo / Backwell, 2012a.

O motor é entregue com as três otimizações MCR (Cotação contínua máxima) diferentes seguintes, como mostrado acima:

- 1) MCR de alta cotação com otimização parcial da carga
- 2) Otimização MCR de potência reduzida com ajuste parcial da carga
- 3) Otimização MCR de potência reduzida com ajuste baixo da carga (BACKWELL, 2012a).

O motor S90-C9.2 é uma unidade na verdade bastante grande e que irá produzir um torque de 8,5 milhões de Nm a 84 rpm e uma saída total de 69.720 kW. Ele será instalado em um navio contêiner construído na fábrica das Indústrias

Pesadas Samsung para a Linha de Contêineres Orient Overseas, baseada em Hong Kong.

2.2 MOTOR DE IGNIÇÃO POR CENTELHA DE GÁS NATURAL DE QUEIMA POBRE DE VELOCIDADE MÉDIA (CICLO OTTO)

O Bergen B35:40 é um bom exemplo de um motor de ignição por centelha de gás natural de pobre de ciclo Otto atualmente disponível com saída de até 7MW. As emissões desse motor atendem a todas as exigências atuais e futuras para incluir o Tier 4 sem pós-tratamento. O motor a gás de ignição de centelha de queima pobre Bergen opera de acordo com o Ciclo Otto, usando uma mistura pobre de gás e ar à medida que este é comprimido e entra em ignição detonado por um sistema elétrico. Este é um motor "somente a gás" e que precisa ser configurado com motores a diesel menores como back up, como os conjuntos geradores de 1500 KW, na Figura 7 (EASTLACK, 2011)



**Figura 7. Motor a gás de queima pobre Bergen. Recuperado de motor a gás Bergen B35:40
Fonte: Rolls Royce Power Engineering, junho de 2009 / EASTLACK, 2011.**

Um motor de queima pobre opera com proporções de excesso de ar de 1,8 ou mais, e, como mostrado na ilustração, isto oferece maior potência, eficiência e emissões de NOx reduzidas. Isto é atingido pela melhora do sistema de combustão, de forma que a energia de ignição é capaz de disparar essas misturas pobres de forma confiável. Adicionalmente, um sistema de turbo carga altamente eficiente é usado para aproveitar o possível aumento de potência oferecido pelo limite de ativação de misturas pobres (EASTLACK, 2011).

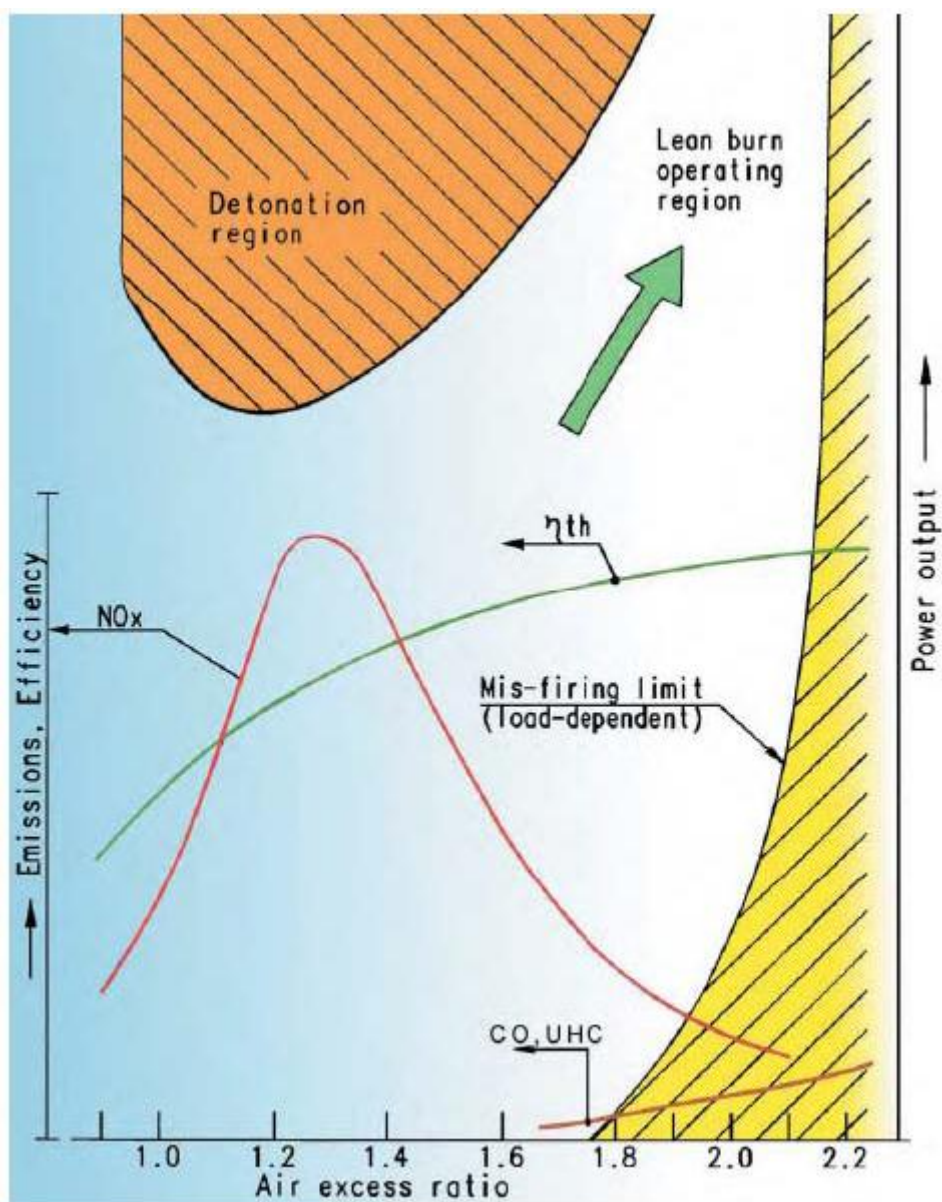


Figura 8. Combustão do motor a gás de queima pobre Bergen.
 Fonte: "Bergen B35:30 engine", Rolls Royce Power Engineering 2009 / EASTLACK, 2011.

NOx emission for Bergen engines

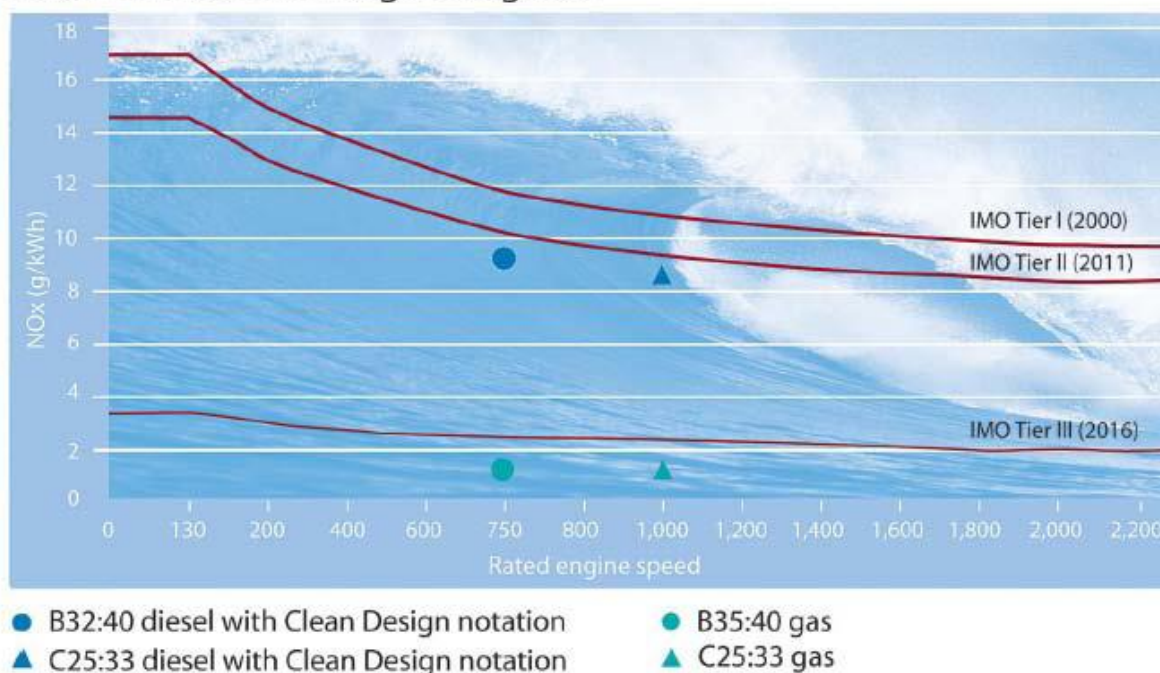


Figura 9. Diagrama de dados da emissão de NOx para motores a gás x diesel, comparavelmente dimensionados.

Fonte: "Bergen B35:40 gas engine", Rolls Royce Power Engineering, 2009 / EASTLACK, 2011.

2.2.1 Emissão de NOx para os motores Bergen

O ar é insuflado pelo turbocarregador através do resfriador de ar de carga e para dentro do cilindro. Uma válvula de gás mecânica temporizada injeta o gás na admissão da corrente de ar para assegurar uma mistura homogênea e pobre de ar e gás. O fluxo de ar é controlado pela geometria variável da turbina do turbocarregador enquanto que o fluxo de gás é controlado pelas válvulas mecânicas antes de cada cilindro. A pressão do gás é ajustada eletronicamente pela válvula reguladora de pressão no módulo de alimentação de gás, à frente do motor. Uma air flap para cada cilindro restringe o fornecimento de gás durante a partida e a operação com carga baixa. Como a pressão no cilindro é baixa, o gás é admitido na pequena pré-câmara em cada cabeçote do cilindro, eletronicamente controlado pela unidade de pressão da pré-câmara (EASTLACK, 2011).

Durante a compressão, a carga pobre no cilindro é parcialmente impulsionada para dentro da pré-câmara, onde ela se mistura com o gás puro, para formar uma

mistura rica que se inflama facilmente pelo plug de centelha. Esta poderosa energia de ignição vinda da pré-câmara assegura a fácil e completa combustão da carga principal no cilindro (EASTLACK, 2011).

O gerenciamento eletrônico avançado do motor assegura que os parâmetros de operação do motor sejam ajustado e otimizados um em relação ao outro. O sistema estabelece as pressões de gás ótimas, principal e da pré-câmara; a posição do rack de combustível, o tempo de ignição e a posição do acelerador. A parte do alarme e de monitoração do sistema possui muita funções de segurança residentes, combinando operação segura com alta disponibilidade, protegendo o motor e sinalizando qualquer defeito. Ela inclui um sistema de detecção de não-queima, baseada na análise dos parâmetros operacionais diferentes e no sistema de detecção de ativação. O sistema detecta e elimina a ativação individualmente para cada cilindro. O sistema completo de gerenciamento, controle e monitoração do motor fica instalado em uma cabine junto ao motor e se comunica com o controle da planta através de um único cabo (RR) (EASTLACK, 2011).

2.3 MICROTURBINAS CAPSTONE

As microturbinas Capstone são pequenas turbinas recuperadoras de gás que utilizam um mancal de ar patenteado, que proporciona uma operação livre de combustível (sem água de resfriamento ou óleo lubrificante) por toda a vida útil da turbina.

A turbina também tem custo do ciclos de vida baixo, quando comparada com um motor de reciprocidade tradicional e normalmente funciona de cinco a sete anos ou 40.000 horas antes que uma revisão geral seja necessária, baseada nos dados referentes às instalações atuais. Os módulos de corrente, tais como o C200, são verdadeiras obras-primas, digitalmente controlados, turbinas refrigeradas a ar com avançados controles de combustão para emissões ultrabaixas. O motor da turbina tem mancais de ar comprimido para proporcionar alta confiabilidade, baixa manutenção e operação segura. Isto permite o emprego de menos peças e a ausência de qualquer lubrificação líquida para apoio do grupo giratório. Quando a

turbina está operando, uma lâmina de ar separa o eixo dos mancais e protege-os do desgaste.

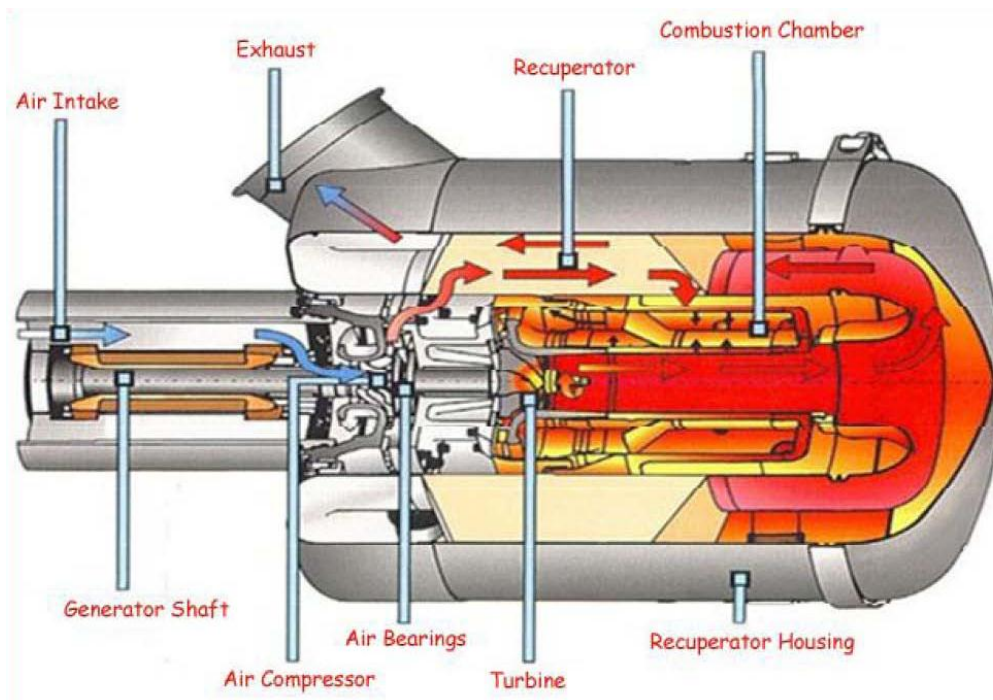


Figura 10. Diagrama de uma microturbina.
Fonte: Capstone Micro Turbine, 2011 / EASTLACK, 2011.

Tabela 1 – Dados de emissões da microturbina Capstone (g/hp/h)

Modelo	Combustível	Nox	CO	VOC
C30 NG	Gás natural	0,22	0,60	0,078
CR30 MBTU	Gas de aterro	0,22	7,4	0,340
CR30 MBTU	Gas digestor	0,22	3,7	0,340
C30 Liquid	Diesel #2	0,90	0,14	0,078
C65 NG Standard	Gás natural	0,16	0,42	0,034
C65 NG Low NOx	Gás natural	0,06	0,44	0,034
C65 NG CARB	Gás natural	0,06	0,08	0,017
CR65 Landfill	Gás de aterro	0,16	1,4	0,034
CR65 Digester	Gás digestor	0,16	1,4	0,034
C200 NG	Gás natural	0,14	0,37	0,034
C200 NG CARB	Gás natural	0,05	0,07	0,014
CR200 Digester	Gás digestor	0,14	1,3	0,034

Fonte: Eastlack, 2011.

A turbina Capstone é projetada para produzir emissões muito limpas. A exaustão é limpa e rica em oxigênio (aproximadamente 18% O₂), com níveis muito baixos de poluentes do ar. Como toda tecnologia de combustão, a turbina produz emissões (como dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono), vindos do processo de combustão. A turbina tem, entretanto, nível de emissão (CMT) de dióxido de nitrogênio (NO₂) ultrabaixo e nível muito baixo de emissão de monóxido de carbono (CO).

As turbinas da série C1000 podem ser encontradas com dois tipos de invólucro. Os invólucros são adequados à instalação externa e as unidades são empilháveis. As dimensões externas de todas as turbinas da série C1000 têm aproximadamente 30 pés de comprimento, 8 pés de largura e 9,5 pés de altura. Elas se acham também disponíveis em pacotes padrão ou para muita umidade, para operarem em ambiente marítimo.

2.4 LNG – GÁS NATURAL LÍQUIDO

Os navios mercantes nas Áreas de Controle de Emissão MARPOL V1 (SECA) têm que queimar ou combustíveis e destilados com baixo teor de enxofre, ou óleo combustível pesado mais um limpador de gás de exaustão, ou ainda LNG, para poderem atender aos regulamentos de emissão de gás de exaustão – simples assim. Os dois primeiros itens se encontram prontamente disponíveis no mundo inteiro, mas não o gás natural líquido (LNG). Nas duas últimas semanas do mês de abril de 2012 as mentes dos interessados se concentraram em locais distantes meio mundo, nas formas de produzir o LNG com suas características de emissão de gás de exaustão mais limpas, e (provavelmente) um preço mais baixo, mais amplamente disponível (BACKWELL, 2012b).

2.4.1 Abastecimento de LNG na Europa

A Organização Europeia de Portos Marítimos (ESPO) reuniu-se em princípios de 2012 em Zeebrugge, Bélgica, como um grupo de cinquenta profissionais para considerar aspectos de segurança do abastecimento de combustível com LNG, e nesta reunião ficou claro que diversos portos dentro da área SECA Europeia já estão bem avançados na instalação de estações de abastecimento de combustível, com o fornecimento feito principalmente por meio de chatas de abastecimento especiais.

Pensando claramente, a Noruega, que incidentalmente dispõe dos maiores depósitos naturais de LNG, lidera o campo em sua extração do combustível. No presente, existem 25 navios abastecidos com LNG operando na Área de Controle de Emissão do Mar Báltico e do Mar do Norte (BACKWELL, 2012b).

Trond Giske, ministro norueguês do Comércio e Indústria, descreve o problema de infraestrutura do abastecimento de LNG como algo parecido com um dilema – os distribuidores de abastecimento não querem estabelecer uma rede de fornecimento até que haja demanda suficiente pela navegação, e do outro lado, a navegação não pode mudar para LNG sem uma infraestrutura de fornecimento. É um problema do tipo "o ovo ou a galinha", resolvido na Noruega com a alocação de fundos vindos do orçamento nacional para a companhia de desenvolvimento de energia limpa Enova, para assentar a infraestrutura de gás natural necessária (BACKWELL, 2012b).

Nesse meio tempo, a DNV ¹ - Det Norske Veritas hospedou a Conferência de Gerenciamento de Risco de Processos e Bens (PARC) em Bruxelas, que focalizou sua atenção nas oportunidades do LNG, com a notícia de que a Antuérpia, Zeebrugge e Ghent tinham se somado à lista de portos europeus, fazendo um investimento em instalações de abastecimento de LNG, juntando-se aos já existentes na Holanda, Suécia, Finlândia e Polônia (BACKWELL, 2012b).

¹ A DNV é uma fundação independente que tem como objetivo salvaguardar a vida, a propriedade e o ambiente e que é um provedor líder de serviços em gerenciamento de risco. A DNV tem cerca de 300 escritórios em 100 diferentes países. O escritório central fica em Oslo, Noruega, e a DNV opera em múltiplas indústrias internacionalmente e tem uma forte presença no mercado e uma grande base de clientes nos setores de óleo e gás, processamentos e transportes. (<<http://www.intsok.no/?id=193>>).



**Figura 11 – Instalações de LNG no porto de Zeebrugge, Noruega.
Foto: Cortesia do Lloyd's Register / Backwell, 2012b**

2.4.2 Abastecimento de LNG no Sudeste asiático

Se a Europa está liderando, Singapura, eixo do abastecimento regional Ásia-Pacífico quer pegar a posição. Sua Autoridade Marítima e de Portos (MPA) estabeleceu um Projeto de Indústrias Conjugadas gerenciado pela DNV no princípio deste ano, para investigar a viabilidade operacional de abastecimento de LNG em Singapura, com financiamento do fundo MINT – Fundo de Inovação e Tecnologia Marítima, do MPA (BACKWELL, 2012b).

Tal como se deu na Europa, a barreira-chave para a adoção mais ampla do LNG como combustível de navios foi reconhecida como sendo uma infraestrutura de abastecimento imatura. Foi principalmente para abordar esse assunto que o MPA estabeleceu seu projeto JIP, que inclui a participação de uma lista de nomes familiares de stakeholders da indústria de navegação.

O Dr. Anthony Barker, gerente geral da BG Singapore Gas Marketing, e Presidente do Comitê Administrativo do JIP declarou: "Este JIP é um exemplo de livro escolar de como a indústria e os reguladores podem trabalhar estreitamente juntos para acelerar a implementação de novas tecnologias e soluções da indústria que um ator sozinho não conseguiria acelerar".

A despeito desse pensamento, a resolução do problema "do ovo ou a galinha" da infraestrutura de abastecimento de LNG deveria preferencialmente ser antecipado, como foi pelos líderes noruegueses da LNG, com a alavancagem financeira por parte de um governo interessado (BACKWELL, 2012b).

2.5 TESTE DE COMBUSTÍVEL DE MOTORES DIESEL MARÍTIMOS

Os testes de óleo combustível e lubrificante provam ser válidos os conselhos dados pelas companhias especialistas em análises químicas Lintec e Intertek, quando anunciaram em princípio de março de 2012 sua parceria para fornecer um serviço para ajudar a guardar os operadores navais em todo o mundo contra os perigos de usar óleos fora das especificações. Este artigo de Backwell (2012) ilustra o ponto de vista daquelas empresas.

Toda a frota de um armador baseado em Hamburgo foi colocada no programa químico da Lintec. Em um dos navios, sob frete de longo prazo, a análise de uma mostra de combustível revelou que combustível de navio abastecedor contendo DCPD (díciclopentadieno) e estireno tinha sido tomada a bordo; o fretador sendo devidamente informado dos riscos inerentes para o motor do navio que poderiam surgir destas células do abastecimento. Logo em seguida, dificuldades operacionais, incluindo filtro de óleo bloqueados, foram relatados em um montante tal que o combustível teve que ser bombeado para fora e substituído no próximo porto da rota. Foram efetuadas análises laboratoriais posteriores para determinar os níveis exatos de contaminação, com resultados que persuadiram o fretador a aceitar a responsabilidade financeira por todos os custos incorridos (Backwell, 2012c).



Figura 12: Barcaça abastecedora de óleo combustível.
Fonte: Wikipedia CCL DKrieger / Backwell (2012c).

2.6 CONTAMINAÇÃO POR ÓLEO COMBUSTÍVEL

2.6.1 Um Problema Global

A contaminação por óleo combustível não é limitada aos portos de abastecimento existentes em todo o mapa. Um especialista em análise química no campo, o químico naval guardial baseado nos Estados Unidos declarou que as amostras de óleo combustível de baixo enxofre com níveis de DCPD na faixa de 200 ppm a 600 ppm, e estireno de 500 ppm a 2.200 ppm foram encontradas em estações de abastecimento na costa do Golfo dos Estados Unidos. Nesses níveis e mais baixos, os navios tinham sofrido sérios danos ao motor, registrados, não apenas em termos de filtros bloqueados, mas também com custos maiores, como purificadores bloqueados, anéis de pistão quebrados e bombas de combustível travadas (BACKWELL, 2012c).

Interessante observar que a Guarda Costeira aponta que altos níveis desses contaminantes têm sido encontrados exclusivamente nas amostras de LSFO – Low Sulphur Fuel Oil – Óleo Combustível de Baixo Teor de Enxofre, ao passo que, bastante estranhamente, o óleo combustível pesado (alto teor de enxofre) estava livre de DCPD e estireno naquela área específica. Eles pensam que um estoque redutor com baixo teor de enxofre contendo restos de refinaria possa ter sido usado

para ser misturado ao combustível para que fosse obtido um teor de enxofre <1,5%, em cumprimento às especificações da MARPOL (BACKWELL, 2012c).

Nas notas sobre sua ligação a Lintec/Intertek revela que um sistema de gerenciamento de laboratório baseado na internet, um recurso de seu "Programa de Serviços ShipCare" oferece um processo eficiente e acelerado para testar o combustível de abastecedores, visando minimizar os danos aos motores de navios, o tempo e os custos para reparos, bem como ajudar a evitar as custosas infrações relacionadas às emissões de gás de exaustão. Os relatos da análise de combustível vêm com comentários completos da engenharia e, no caso do combustível fora das especificações, com recomendações pelos especialistas industriais da Intertek (BACKWELL, 2012c).

3 INOVAÇÕES PIONEIRAS

3.1 MOTOR WARTSILA 32

"A joia da Coroa", foi como Bjorn Rosengren, presidente da Wartsila Corporation descreveu o motor diesel naval de velocidade média Wartsila 32, fabricado por sua companhia, no decorrer de uma entrevista sobre assuntos variados concedida recentemente ao Maritime Reporter. Ele fez essa referência no contexto de que a Wartsila está atualmente construindo uma nova fábrica em Joint-venture em Nantong para a montagem dos motores Wartsila 32 e Wartsila 26, para o mercado chinês. Que ele fique orgulhoso de colocar o motor de quatro marchas de cilindro de 320 mm entre os tesouros da Wartsila em termos de bens de potência de propulsão não é de surpreender, se lembrarmos que este motor tem representado um papel vital na história de sucesso internacional da Wartsila, como veremos a seguir (BACKWELL, 2012e).



**Figura 13: O motor diesel naval Wartsila 32: a "joia da Coroa".
Fonte: Wartsila Corporation**

3.1.1 Desenvolvimento do motor Wartsila 32

Cerca de 40 anos atrás a Wartsila Diesel decidiu desenvolver um motor diesel de velocidade média projetado para funcionar com óleo combustível de baixo preço e, em 1978, o primeiro modelo de produção do motor Vasa 32 foi instalado. Este motor foi o pioneiro no desenvolvimento de motor a óleo combustível pesado de quatro marchas e seu sucesso posicionou a Wartsila como um dos maiores fabricantes internacionais de motores.

Subjacentes ao desenho do Vasa 32 estavam inovações que desde então se tornaram recursos padrões dos motores de velocidade média; alicerces que asseguraram um upgrade em 1997 com um curso do pistão mais longo, com 400 mm, que com outros recursos do desenho adicionaram para chegar a uma saída mais alta (460kW/cilindro a 750rev/min ou uma pressão efetiva média de 22,9bar), para dar uma faixa de potência de até 8280 kW em várias configurações in-line e do tipo V.

3.1.2 Última geração de Wartsila 32

No final do ano de 2010 uma nova versão mais avançada do motor Wartsila tipo 32 foi lançada com uma saída de potência aumentada de 580 kW por cilindro a 750 rpm (a versão de 50 Hz), o que dá um aumento de 15 por cento de saída de potência em relação ao motor 32 anterior, embora com as mesmas dimensões externas, elevando a faixa de potência máxima para 9300 kW.

A Wartsila diz que esta última geração do motor tipo 32 é adequada a navios operando no ECA, pois ele também pode operar com combustíveis de baixo teor de enxofre (<0,1%S), e além disso o motor se torna conforme o IMO Tier III imediatamente, se for equipado com um catalisador SCR, como o reduzir de óxido de nitrogênio Wartsila (que pode reduzir as emissões de NOx em até 95 por cento), embora a versão padrão atenda aos regulamentos Tier II.

O Wartsila tornou-se o mais versátil dos motores (muitos em plantas baseadas em terra) como um motor principal ou auxiliar para navios tanques

poderosos, navios de contêineres e navios de suporte offshore e de perfuração; a Wartsila proclama ser ele o motor mais favorecido no seu tamanho, para cruzadores acionados a diesel-elétrico e navios de transporte de passageiros. No momento de sua última atualização, seus fabricantes declararam que mais de 4.000 unidades tinham sido vendidas somente para a indústria naval; razão suficiente para a satisfação do presidente da Wartsila.



**Figura 14 – Motores Wartsila 32 – Navio de passageiros Finnmarken.
Fonte: Lukas Riebling/Blackwell 2012e**

3.2 NOVA GERAÇÃO SCANIA DE MOTORES DIESEL MARÍTIMOS PARA DUPLA DE LANÇAMENTO EM PRAIA RNLI

A Scania anunciou no último mês que após cinco anos de pesquisa e desenvolvimento eles estavam implementando uma plataforma de motor global unificado baseada na última tecnologia para todos os mercados e para todos os padrões de emissão. Um desses motores da nova geração, o Scania diesel marítimo de 13 litros foi escolhido pela RNLI – Royal National Lifeboat Institution, para acionar

sua embarcação salva-vidas para qualquer clima Shannon, a ser lançada brevemente (Backwell, 2011a).

O barco de socorro será acionado por dois motores marítimos Scania de 13 litros, cada um deles cotado a 650 hp. O desenho inteiro desses motores é modular, projetado para permitir a fácil manutenção e rapidez no desempenho pelos operadores. Interessantes frisar que a Scania diz que a grande maioria de seus motores diesel pode operar com até 100% de combustível biodiesel.



**Figura 15 – Motor diesel marítimo Scania de 13 litros da nova geração.
Fonte: Scania. Backwell, 2011.**

Mikael Lindner, Diretor de Vendas da Scania revelou que a RNLI e a Scania da Grã-Bretanha trabalharam juntas até encontrar a melhor solução possível para seus navios salva-vidas. A escolha recaiu sobre o novo motor marítimo de 13 litros (em combinação com transmissão de disco dupla e unidades de jato de água Hamilton), para prover a RNLI com a melhor confiabilidade e economia de operação possíveis nos próximos anos (Backwell, 2011a).

3.2.1 RNLI Classe Shannon e Trator de Lançamento e Recuperação Supacat

A Classe Shannon será empregada principalmente em colocar no mar a partir de umas vinte e quatro posições nas praias em torno do Reino Unido e nas costas da Irlanda, onde elas irão substituir gradualmente os barcos de classe Mersey lançados por carretas existentes. Com exclusividade, então, os Shannons serão lançados e recuperados, não por carreta, mas pelo engenhoso veículo de lançamento e tração de recuperação Supacat, que também é acionado pelo motor Scania da nova série; um casal que presume-se que irá proporcionar aos operadores benefícios adicionais de sobressalentes compartilhados e compatibilidade de serviços (Backwell, 2011a).



**Figura 16 – Protótipo do FCB2 do RNLI no Supacat em Hoylake, Nr Liverpool.
Fonte: RNLI/Backwell, 2011**

O primeiro barco, cujo casco foi montado pela SAR Composites Ltd., subsidiária da RNLI) fará sua viagem experimental ao mar no próximo ano e quatro outros barcos deverão entrar em serviço até o ano de 2015. A embarcação terá uma

velocidade de serviço de 25 kts, com estabilidade dinâmica suficiente para retornar à posição certa, se capotar. A tripulação será de seis pessoas, sendo um médico, com recinto para seis sobreviventes, e terá combustível (com 10% de reserva) suficiente para dez horas de operação.

A dupla, um prototipo Shannon, conhecido como FCB 2, com sua unidade de lançamento e recuperação, o trator auxiliar Supacat, está atualmente percorrendo diversas estações salva-vidas RNLI para avaliar a execução de lançamento e recuperação em mar aberto com diferentes composições, gradientes e faixas de maré (Backwell, 2011a).

3.3 PRIMEIRO PSV DE COMBUSTÍVEL DUPLO LNG NO HORIZONTE

É uma questão de tempo, e não de possibilidade, para que o LNG – Gás natural líquido fique sendo uma fonte de combustível comumente selecionada, e será preciso que se possa contar com uma base sólida para os desenhos de navios. Este é o pensamento expresso de Christopher J. Wiernicki, Presidente da ABS alguns meses atrás, quando anunciou o lançamento por sua sociedade de classificação de um guia técnico para a instalação de motores de propulsão e auxiliares LNG em navios (Backwell, 2011b).

Na sequência dos acontecimentos, a Harvey Gulf Corp. disse que a próxima fase de suas construções "verdes" irá incluir dois Navios de Abastecimento de Plataformas de combustível duplo (PSV), que terão a honra de tornar-se os primeiros PSV com bandeira norte-americana a serem acionados com LNG. O Presidente da Gulf International Marine, Shane J. Guidry disse na ocasião que seria assinado um contrato com um estaleiros dos Estados Unidos em agosto de 2011(Backwell, 2011b).



**Figura 17 – Desenho do PSV SV310DF.
Fonte: Cortesia da STXM / Backwell 2011b**

3.3.1 Registro de barcos norte-americanos lento para acompanhar a tecnologia de motores diesel marítimos LNG

Os motores a diesel para combustível duplo (capazes de queimar gás natural inflamado por combustível "piloto" líquido, sendo também capazes de rodar totalmente com óleo diesel) estão se tornando de uso comum em águas europeias, onde, entre outros construtores de motores, a Wartsila anuncia sua instalação em cerca de sessenta navios de passageiros e OVS; mas a invasão na América do Norte irá muito além disso.

De fato, a autorização para construção dos navios acionados a LNG da Harvey Gulf exigem que eles atendam aos padrões esperados a serem brevemente estabelecidos pela Guarda Costeira dos Estados Unidos. Com essa finalidade os arquitetos navais consultores da U.S./Canadian STX Marine Inc. assumiram a tarefa de desenho dos navios e sem dúvida estão alinhados com a Guarda Costeira.

3.3.2 Desenho do SV310DF "verde" da Harvey Gulf

A designação do tipo "SV310DF" pode ser traduzida como: Navio de Suporte de 310 pés de comprimento com motores de propulsão de Combustível Duplo; os navios de 5.520 dwt se destinam, em princípio, a terem capacidade de LNG para sete dias de operação por três motores principais em rpm totais, proporcionando uma velocidade de deslocamento de 13 kts.

Outro projeto "verde" dos navios Harvey Gulf presentemente nas listas dos construtores e classificado como ABS irá trazer a notação "ENVIRO PLUS" (que representa a obediência aos critérios mais restritivos para proteção ambiental relacionados às características do projeto, sistemas de gerenciamento e suporte, descargas no ar e no mar), bem como a notação mais conhecida da ABS "GP" – Green Passport (Passaporte Verde). Todas essas medidas impressionantes de segurança e de proteção ao meio ambiente deverão ser incorporadas similarmente ao desenho dos dois PSV de combustível duplo SV310DF LNG.

3.4 O PROJETO HERCULES LEVANTA A BANDEIRA PARA O DESEMPENHO DOS ANÉIS DE PISTÃO E REVESTIMENTOS

O desenho de anel de pistão de motor diesel de furo grande e de revestimento do cilindro avançou muitos pontos na escala da eficiência pela pesquisa que vem sendo desenvolvida pelo projeto HERCULES, financiado pela União Europeia. O anel de pistão, por si só, parece ser uma parte não relacionada ao motor como um todo, embora em grande parte a importância comercial do Tempo entre Revisões (TBO) seja fortemente influenciada pelo comportamento do curso do pistão e seus efeitos no desgaste dos anéis do pistão e nos revestimentos do cilindro. Reconhecendo esse fato, um setor do estudo interrelacionado foi dedicado à investigação sobre como poderia ser reduzida a fricção do motor (Backwell 2011c).

3.4.1 O Projeto HERCULES

HERCULES é o acrônimo de "High Efficiency R&D on Combustion with Ultra-low Emissions for Ships", que define o escopo do projeto de três anos e meio conduzido pela MAN Diesel SE e a Wartsila Corporation com uma equipe de mais de quarenta fornecedores de componentes de motores europeus, fabricantes de equipamentos, universidades, instituições de pesquisa e empresas de navegação. O custo do projeto foi bancado por uma bolsa combinada de 33 milhões de euros, proveniente em grande parte da União Europeia com uma pequena contribuição do Governo Federal Suíço.

O HERCULES visa contemplar o desenvolvimento de motores diesel marítimos que venham reduzir as emissões de gases e particulados, e ao mesmo tempo aumentar a eficiência e confiabilidade do motor, pela redução do consumo de combustível, das emissões de CO₂ e dos custos de ciclo de vida do motor. Os frutos do projeto deverão ser incorporados a dois motores em um espaço de dez anos.

3.4.2 Em direção ao Estado de Arte dos Anéis de Pistão e Revestimentos de cilindros

A fricção entre o anel do pistão e o revestimento do cilindro é a principal fonte de consumo de força na linha de comando primária dos motores diesel marítimos de cabeçote cruzado de duas marchas e velocidade lenta, que impulsionam a maioria dos grandes navios mercantes da classe oceânica; a fricção se correlaciona também com o TBO, devido ao desgaste do anel e do cilindro.

Concomitantemente, os pesquisadores do HERCULES estabeleceram um "Tribometer", que é um test-rig de fricção, para determinar com precisão as perdas com a fricção e a resistência ao desgaste dos anéis de pistão, bem como materiais do revestimento do cilindro (o desempenho eficiente do anel do pistão depende não somente de sua lubrificação, mas também de uma boa superfície de deslocamento de revestimentos (camisas) aprimorados e cuidadosamente usinados). Nessa linha, os pesquisadores foram capazes de identificar os materiais (incluindo os anéis feitos

de aço cromo e porcelana) com perfis que possam melhorar o desgaste e aumentar a durabilidade de ambos, anéis e camisas.

Um executante solo da indústria nesse aspecto particular da equipe do projeto HERCULES foi a divisão da corporação internacional norte-americana Federal-Mogul, fundada em Detroit em 1899, e agora sediada em Southfield, Michigan. O braço principal da empresa em Burscheid, ao norte da região Reno-Westfália, especializa-se na fabricação e R&D de continuidade dos anéis de pistão e camisas de cilindros comercializados sob a marca "Goetz". O compromisso com R&D traz benefícios ao crescimento no longo prazo: em 28 de abril de 2011, a Corporação Federal-Mogul relatou resultados mostrando boas vendas e crescimento dos lucros vindos de suas operações empresariais multifacetadas.



Figura 18 – Inpeção de tolerância
Fonte: Foto por cortesia da MAN Diesel & Turbo. Backwell 2011c.

CONCLUSÃO

A realização deste trabalho de pesquisa sobre o Óleo Diesel permitiu ao autor desenvolver muito seu conhecimento sobre o assunto, podendo chegar ao final do mesmo com o sentimento do dever cumprido e na esperança de que a divulgação do estudo possa servir de fonte de informações e subsídios para outras pesquisas a serem realizadas por outros estudiosos interessados no importante assunto.

Entre as conclusões que podem tiradas da análise dos artigos estudados, ressalta-se o grande número de pesquisas e medidas que vêm sendo tomadas pelos países desenvolvidos, principalmente pelos governos europeus e norte-americanos, no sentido de produzir máquinas, motores e equipamentos dotados de tecnologia de ponta, voltados para a redução e maior aproveitamento da energia gerada pelos motores a diesel, promovendo assim uma maior conscientização da importância das práticas voltadas à preservação do meio ambiente, dentro de uma postura ecologicamente correta.

REFERÊNCIAS

BACKWELL, George. *Scania New Generation Maritime Diesel Engine for RNLI Beach Launch Duo*, 2011a. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 10 jul. 2012.

_____. *America's First LNG Dual-fuel PSV on the Horizon*. 2011b. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 10 jul. 2012.

_____. *HERCULES Project Raised the Bar for Performance of Piston Rings, Liners*, 2011c. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 10 jul. 2012.

_____. *New Diesel by MAN Fulfils Container Ship Low-load Engine Needs*. 2012a. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 10 jul. 2012.

_____. *LNG for Marine Diesel Engines – Nice Fuel If You Can Get It*. 2012b. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 10 jul. 2012.

_____. *Marine Diesel Engine Fuel Testing – A Stitch in Time*. 2012c. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 5 jul. 2012.

_____. *Olympic & Sealândia – New Year Centenary Retrospective*. 2012d. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 15 jun. 2012.

_____. *Wartsila 32 Marine Diesel Engine – 'Jewel in the Crown' Says CEO*. 2012e. Disponível em: <<http://articles.maritimepropulsion.com>>. Acesso em 15 jun. 2012.

EASTLACK, Edward. *The Future of Marine Propulsion: Gas Hybrid Power Plants (EM681)*. United States Merchant Marine Academy, Kings Point, NY, 2011.

Disponível em: <<http://www.intsok.no/?id=193>>. Acesso em 8 mai 2012.

UFA. Diesel fuel characteristics and resources. 2009. Disponível em:
<<http://www.ufa.com/petroleum> 2009>. Acesso em 29 mar. 2012.