



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Novo Hamburgo

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA OPERAÇÃO DE NAVIOS ESPECIAIS
DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO SUBMARINA NA PRODUÇÃO
OFFSHORE DE PETRÓLEO.**

SOUSA, Jorge Antonio de¹

MARTINS, Geomar Machado²

1

Engenheiro Mecânico, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

2

Engenheiro Eletricista, Professor Orientador. Universidade Federal de Santa Maria, RS

RESUMO

O presente trabalho trata da aplicação prática das orientações da IMO- Organização Marítima Internacional referente a Eficiência Energética em navios. O foco desse trabalho são os navios de utilizados nos serviços de apoio às operações offshore de produção de petróleo. Inicialmente são apresentados os principais arranjos de propulsão naval utilizados por esses navios e na sequência a aplicação das orientações da Autoridade Marítima Internacional para o Plano de Gerenciamento da Eficiência Energética do Navio- SEEMP e do Indicador Operacional de Eficiência Energética – EEOI.

Palavras-chave: Energia, Eficiência, Navio.

ABSTRACT:

This paper addresses the practical application of the guidelines of the International Maritime Organization concerning Energy efficiency in ships. The focus of this work are the vessels used in support of offshore oil production services.

Initially the main ship propeller used by these vessels and the sequel to the guidelines of international maritime authority for the Ship Energy Efficiency Management - SEEMP and Energy Efficiency Operational Indicator- EEOI.

SUMÁRIO

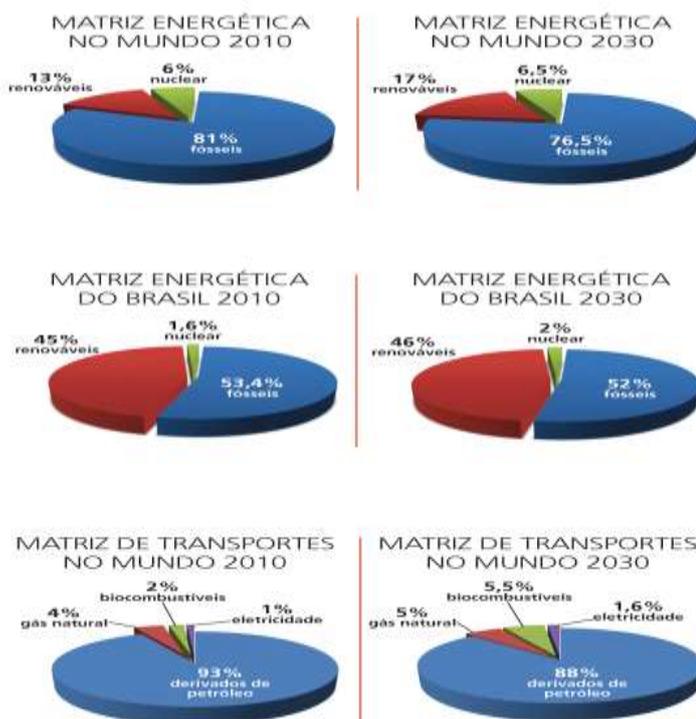
1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Regulamentação internacional do setor naval para a poluição atmosférica	11
2.2 Regulamentação internacional do setor naval para a eficiência energética	13
3.1 Objetivo Geral.....	14
3.2 Objetivos Específicos	14
5 DESENVOLVIMENTO.....	15
5.1 Navios de Apoio a Produção Offshore de Petróleo	15
5.1.1 Navio AHTS (Anchor Handling Tug Supply).....	16
5.1.2 Navio PSV (Platform Supply Vessels).....	16
5.1.3 Navio RSV.....	17
5.1.3.1 ROV (Remotely operated vehicle).....	18
5.1.4 Navios PLSV	19
5.1.5 Navios DSV	19
5.2 Sistema de propulsão naval	20
5.2.1 Tipos de sistemas de propulsão naval	21
5.2.1.1 Propulsão diesel-mecânica	22
5.2.1.2 Propulsão Diesel-Elétrica	22
5.2.1.3 Propulsões híbrida (diesel mecânico + diesel elétrico).....	23
5.2.1.4 Comparações dos sistemas de propulsão com referência à eficiência energética.....	24
5.2.1.5 Perfil operacional da embarcação	28
5.3. Plano de gestão da eficiência energética do navio (SEEMP) e índice de eficiência energética operacional (EEOI).	30
5.3.1 Características da embarcação.....	31
5.3.1.1 Características	31
5.3.1.3 Classificação	31
5.3.1.4 Sistemas propulsão e de gerenciamento de energia	32

5.3.2 Considerações o Plano de Eficiência Energética do Ship 1 - SEEMP	33
5.3.2.1 Operação do Navio.....	34
5.3.2.2 Melhores práticas a bordo	34
5.3.2.3 Medidas e metas do Ship 1 para o Plano de Eficiência Energética.	35
6 RESULTADOS	38
6.1. Plano de Eficiência Energética do Navio Ship 1	38
6.1.1 Medidas.....	39
6.1.2 Monitoramento	40
6.1.3. Metas e medidas de controle.	40
6.1.4. Avaliação.....	41
6.2 Cálculo do Índice de Eficiência Energética Operacional (EEOI).	41
7 CONCLUSÃO	
.....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.	
8 REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A segurança energética dos países é item de agenda de todo governante. Sem energia para atender à demanda fica praticamente impossível atingir índices desejáveis de desenvolvimento e conforto. São raros os países que dispõem de energia abundante, uma vez que os recursos energéticos estão distribuídos de forma desigual entre as nações, forçando que as economias fiquem dependentes daquelas nações privilegiadas com recursos energéticos. Essa dependência cria instabilidades, tensões e conflitos principalmente devido ao petróleo.

Fonte energética dominante no século XX, a humanidade adentra o Século XXI ainda sedenta de combustível fóssil, principalmente o petróleo, não obstante os grandes avanços em direção às energias renováveis. Hoje, 81% da matriz de energia no mundo vêm de fontes fósseis.



Fonte: Agência Internacional de Energia

Figura 1- Petróleo na matriz energética do Brasil e do mundo.

A AIE, Agência Internacional de Energia, Em seu relatório mensal sobre o mercado petrolífero, previa para 2013 um consumo mundial de 91,2 milhões de barris diários (mbd), com crescimento de 1,3% em relação a 2012, e de 92,4 mbd para

2014. Estas revisões em alta se devem por uma demanda mais forte do que o previsto dos países ricos da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE) e também pelos países em desenvolvimento, os chamados BRICS, Brasil, Rússia, Índia, China e África do sul.

Uma das consequências da forte dependência dos combustíveis fósseis é a acumulação do gás dióxido de carbono (CO₂) residual da combustão na atmosfera. Em meados do século XVIII, com a Revolução Industrial, houve um aumento significativo na poluição do ar. A revolução se deu justamente pelo uso do carvão mineral, a fim de produzir vapor nas caldeiras com objetivos de propulsão nas indústrias e no transporte. Posteriormente o carvão foi sendo substituído pelo petróleo. Esses dois combustíveis são responsáveis pela geração de energia que alimenta os setores industriais, elétricos e de transportes de boa parte da economia do mundo. Por isso, deixá-los de lado atualmente é extremamente difícil. A queima destes produtos lança uma quantidade imensa de monóxido de carbono e dióxido de carbono (gás carbônico) na atmosfera.

Antes da revolução industrial havia um equilíbrio entre a emissão de gás carbônico (queimadas e respiração) e o seu consumo (fotossíntese), mantendo dessa forma a concentração estável na atmosfera, porém, após tal acontecimento, a concentração gás dióxido de carbono (CO₂) passou de 280 PPM (partes por milhão) no ano de 1750, para os 393 PPM atuais, representando um incremento de aproximadamente 40%.

A necessidade de segurança energética aliada à necessidade de mitigação dos gases de efeito estufa fez com que fossem estudadas diversas formas de utilização da energia e de produção de fontes renováveis. O estudo da conservação da energia foi um dos pilares. Desenvolver formas de se utilizar mais eficientemente as fontes disponíveis tanto pela racionalização do uso como pela utilização de equipamentos mais eficientes ou utilizando-se de projetos que requeiram o mínimo uso da energia. Os benefícios da conservação se justificam por prolongar o uso das fontes finitas e principalmente por minimizar os impactos decorrentes da geração de energia.

O setor naval, atento à problemática energético – ambiental passou a formular diretivas no âmbito da IMO - Organização Marítima Internacional, órgão das Nações Unidas, que reviu as normas sobre o teor de enxofre dos combustíveis marítimos

(contido no Anexo VI da MARPOL - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios). E recentemente, por ocasião da última reunião do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho (MEPC), resolução com o propósito de reduzir em 30%, até 2025, o consumo de energia dos navios que se achem a projetos novos e operação das embarcações.

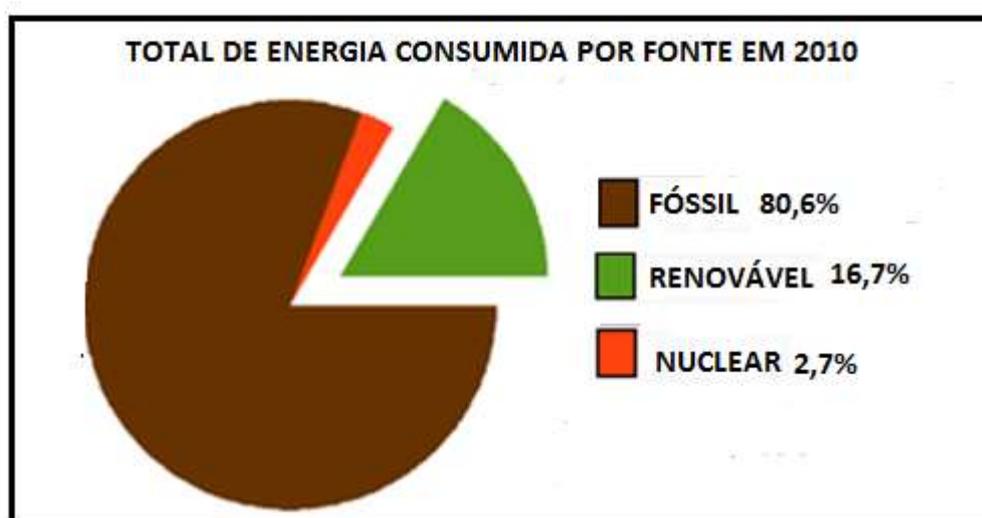
O foco desse trabalho é à eficiência energética na operação das embarcações de apoio marítimo na produção offshore de petróleo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A energia tem sido a grande impulsionadora do desenvolvimento em todo o mundo. As diversas formas de energia empregadas nos diversos processos de transformação e também no conforto humano são e serão sempre importantes. O grande desafio é prover energia em quantidade suficiente para necessidades sempre crescentes. Segundo o pesquisador Miguel Morales Udaeta, do GEPEA (Grupo de Energia) da Escola Politécnica da USP, a energia é o meio para obter desenvolvimento de uma economia – sem a energia, a atividade socioeconômica não se desenvolve. Por possibilitar o desenvolvimento de novos produtos e de infraestrutura, a energia traz também qualidade de vida.

Com o advento das questões relativas ao “aquecimento global” o desafio se ampliou incluindo a sustentabilidade, uma vez que com a economia tão dependente do petróleo, um combustível poluente, faz-se necessário o uso planejado e racional desse insumo, aliado ao uso das fontes renováveis de energia.

A questão é que a transição para fontes renováveis esta apenas no início do processo, os combustíveis fósseis e não renováveis ainda estão no topo da cadeia energética.



Fonte: AIE – Agencia Internacional de Energia- 2010

Figura 2- Consumo mundial de energia por tipo

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), ainda hoje, mesmo com os esforços de mitigação do peso dos recursos energéticos de origem fóssil na matriz energética mundial, os três principais combustíveis (petróleo, gás e carvão) respondem por 81% do consumo de energia global. (Fig.2)

A partir dos anos 70, com a crise do petróleo, cujos preços tiveram aumento significativo, passou-se a questionar o modelo de desenvolvimento baseado no consumo intensivo dos recursos energéticos não renováveis. Não bastasse a questão do aumento significativo dos preços do petróleo consequência do controle da propulsão pela OPEP - Organização dos Países Produtores de Petróleo, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou mais força com o despertar das questões ambientais. O conceito foi bem definido em 1987 pela Comissão Brundtland em seu relatório "Nosso Futuro Comum",

"O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades."

Nesse cenário, os governos implementaram um conjunto de políticas de eficiência energética como meio eficaz de lidar com os desafios econômicos, de meio-ambiente e de segurança energética. O futuro da conservação de energia no mundo passa por seu uso inteligente. Por isso, o cenário revolução energética leva em conta não só a forma de reduzir, mas também a forma do consumo. Até 2050, espera-se que 26% da demanda energética possa ser reduzida com a implantação de medidas que usem o lema "mais com menos". É mais barato investir em eficiência energética que gerar mais energia, além de mais simples, com muitas medidas adotadas individualmente.

Eficiência também pode implicar em uma série de outros aspectos positivos. Uma máquina de lavar eficiente, por exemplo, utiliza menos energia e, ainda por cima, economiza água. Uma casa com boa insolação é mais quente no inverno e mais fresca no verão.

Colocar em vigor medidas de eficiência energética significa dar prioridade às melhores práticas e tecnologias, atuais e futuras, assumindo contínua postura inovadora. Entre elas estão o aperfeiçoamento dos processos de construção, máquinas e motores ultra eficientes, substituição de sistemas elétricos de

aquecimento por coletores solares e a redução no consumo de energia dos veículos de transporte de mercadorias e pessoas.

Para reduzir as emissões de gases de efeito estufa sem prejudicar o desenvolvimento econômico, as principais estratégias são: 1) substituir os combustíveis fósseis por outras fontes não emissoras (ou renováveis) como a hidráulica, a solar e a biomassa sustentável; e 2) conservar ou usar mais eficientemente todas as formas de energia pela sociedade.

No presente trabalho assume-se que uma “política de conservação” é desejável pelo seu mérito ambiental e econômico intrínseco.

2.1 Regulamentação internacional do setor naval para a poluição atmosférica

A Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) foi adotada em 1992 e entrou em vigor em 1994. Na última contagem a UNFCCC teve 194 membros e 2 países observadores.

- O Protocolo de Quioto foi adoptado em 1997 para complementar UNFCCC e entrou em vigor em 2005. No momento da assinatura, o Protocolo contava com 166 Partes. No Anexo-I- países membros seriam obrigados a reduzir seus gases de efeito estufa global (GHG) por uma média de 5,2% abaixo do seu Nível de 1990 até 2012.

- Em dezembro de 1997, UNFCCC encarregou o "Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico Advice "(SBSTA) para estudar sobre a inclusão das emissões internacionais advindas de combustível BUNKER no total do inventário global das Partes da UNFCCC.

- Em junho de 2002, SBSTA, convidou a IMO- Organização Marítima Internacional a informar sobre as suas atividades informando as emissões advindas da queima de combustível dos navios envolvidos no transporte internacional.

- Em dezembro de 2003 a Assembleia da IMO aprovou a resolução A.963 que encarregou o MEPC – Marine Environment Protection Committee, (Comité de Proteção ao Ambiente Marinho) a identificar e desenvolver os mecanismos necessários para limitar ou reduzir das emissões de GEE- Gases de efeito estufa provocada por navios.

Em 2008, a Organização Marítima Internacional (IMO) reviu as normas sobre o teor de enxofre dos combustíveis marítimos (contido no Anexo VI da MARPOL Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios). Em Outubro de

2012, as normas foram transpostas oficialmente na Europa. Nos termos da legislação da UE em vigor:

A partir de 2015, os navios que naveguem nas zonas de controle de emissões de SO_x (SECAs Sulphur Emission Control Areas), não podem usar combustível com mais de 0,1% de enxofre. As SECAs europeias incluem atualmente o Mar Báltico, o Mar do Norte e o Canal da Mancha; - Globalmente, os navios terão que reduzir o teor de enxofre do seu combustível para um máximo de 3,5% em 2012 e para 0,5% em 2020. Enquanto para a IMO, este limite será sujeito a revisão em 2018, a UE decidiu aderir firmemente à data de 2020 para a respectiva implementação. Apenas na Europa, os navios de passageiros que viajam fora das SECAs terão de respeitar um limite de 1,5% de enxofre dos combustíveis, limite que foi criado em 2005. Os armadores podem optar por diferentes métodos para atingirem a conformidade e respeitarem a regulamentação das seguintes formas:

- Consumir combustível com baixo teor de enxofre ou em alternativa optar por propulsão com LNG (Gás Natural Liquefeito);
- Reduzir as emissões de enxofre, equipando os motores com lavadores (Scrubbers) ou outras tecnologias de limpeza de gases de evacuação.

Com a implementação das normas para o enxofre dos combustíveis de transporte marítimo, aprovadas pela IMO em 2008, espera-se salvar 26.000 vidas por ano na Europa, a partir de 2020.

A IMO também reforçou as normas relativas às emissões de Óxidos de Azoto (NO_x), através do Anexo VI da MARPOL, com uma redução de 16 a 22% a partir de 2011, em comparação aos níveis de 2000, e uma redução de 80% em 2016. No entanto, enquanto o valor limite de enxofre se aplica a toda a frota, o limite de emissões de Óxidos de Azoto (NO_x) só se aplica aos novos navios e o limite mais restrito (Tier III para ser aplicado em 2016), só se aplica aos novos navios que naveguem nas áreas de controle das emissões de Óxidos de Azoto (NO_x) (NECAs - (NO_x) Emission Control Areas). Não há até ao momento nenhuma NECA na Europa. Por essa razão, o impacto imediato da regulamentação IMO referente ao Óxido de azoto (NO_x) será limitada.

A única forma de combater eficazmente as emissões de Óxidos de azoto (NO_x) na Europa e resto do mundo, consiste na aprovação de um regulamento que também considere a frota existente, a qual é responsável pela maior parte das

emissões. Embora alguns Estados-Membros estejam atualmente a discutir a possibilidade de classificar áreas NECAs na Europa, não há nenhuma indicação de que a EU esteja a planear a transposição das normas internacionais para o direito comunitário, nem a procurar formas de lidar com as emissões de Óxidos de azoto (NOx) da frota existente.

2.2 Regulamentação internacional do setor naval para a eficiência energética

A Organização Marítima Internacional (IMO) adotou, por ocasião da última reunião do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho (MEPC), resolução com o propósito de reduzir em 30%, até 2025, o consumo de energia dos navios. A nova regra se aplica a navios com 400 AB ou mais, construídos a partir de 2013. O Brasil, juntamente com outros países em desenvolvimento, conseguiu aprovar dispositivo postergando essa data para 2017, a critério das administrações dos Estados Partes. Mais recentemente, em 15 de julho de 2011, o MEPC adotou, por meio da Resolução MEPC.203(62), novas emendas ao Anexo VI. Essas emendas, que incluem um novo Capítulo (4), pretendem melhorar a eficiência energética dos navios através de um conjunto de normas de desempenho técnico, que resultariam na redução das emissões das substâncias originadas na combustão do óleo combustível, incluindo aquelas já controladas pelo Anexo VI. As emendas foram aceitas em 1º de julho de 2012 e entraram em vigor em 1º de janeiro de 2013.

De acordo com o novo Capítulo 4 – Regras sobre Eficiência Energética para Navios, essas regras deverão ser aplicadas a todos os navios com 400 AB ou mais. Não serão aplicadas a navios engajados exclusivamente em viagens sujeitas à soberania ou jurisdição do Estado cuja bandeira o navio esteja autorizado a operar. No entanto, cada Estado Parte deve assegurar pela adoção de medidas adequadas, que esses navios foram construídos e operam, na medida do razoável e praticável, de acordo com o Capítulo 4.

As novas emendas incluem, ainda, uma regra (22), que acrescenta um Plano de Gestão da Eficiência Energética do Navio (SEEMP) e um Índice de Eficiência Energética Operacional (EEOI). Cada navio deverá manter a bordo um SEEMP específico, como parte do Sistema de Gestão da Segurança (SMS) do navio, e de acordo com as diretrizes adotadas pela IMO.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Aplicar as recomendações da Autoridade Marítima Internacional sobre eficiência energética na operação de navios especiais de manutenção e inspeção submarina na produção offshore de petróleo.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais tipos de navios envolvidos no apoio às operações offshore de produção de petróleo;
- Estudar os tipos de propulsão no que se refere a eficiência energética e;
- Elaborar o Plano de Gestão da Eficiência Energética do Navio (SEEMP) e calcular o Índice de Eficiência Energética Operacional (EEOI), para o navio em estudo, de acordo com a regra 22 do anexo VI do MEPC (Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho) da IMO (organização Marítima Internacional)

4 METODOLOGIA

Aplicar o Guia para o Desenvolvimento do Plano de Eficiência Energética do Navio (Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan) e o Guia Para Uso Voluntário do Índice de Eficiência Energética Operacional do Navio (Guidelines For Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational indicator), Ambos da IMO- Organização Marítima Internacional, para um navio específico, buscando como resultado obter o Plano de Eficiência Energética e o índice de Eficiência Energética Operacional para um navio específico, o Ship 1.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 Navios de Apoio a Produção Offshore de Petróleo

A produção offshore de petróleo não seria possível sem a presença fundamental das embarcações de apoio marítimo para os das plataformas de produção e perfuração, demais embarcações e instalações submarinas de produção no mar. As embarcações de apoio marítimo podem ser divididas nas seguintes classes principais:

- AHTS (Anchor Handling and Tug Supply): - Embarcações que atuam como rebocador, manuseio de âncoras e transportes de suprimentos.
- PSV (Platform Supply Vessel): - Utilizadas para suprimento às plataformas de petróleo.
- LH (Line handling): - Utilizadas no manuseio de espias (cabos de amarração).
- SV (Mini Supply Vessel): - Mini suprimentos às plataformas de petróleo.
- FSV (Fast Supply Vessel): - Suprimentos de cargas rápidas.
- Crewboat - Adotadas para transporte de tripulantes para as plataformas.
- OSRV (Oil Spill Response Vessel) - Utilizadas para combate a derramamento de óleo.
- OTSV (Offshore Terminal Service Vessel) - Navio de apoio a terminal em alto-mar.
- RSV (Remotely Support Vessel) - Embarcações equipadas com veículos de operação remota (Remotely Operated Vehicle - ROV).
- DSV (Diving Support Vessel) - Embarcações para suporte e apoio ao mergulho
- WSV (Well Stimulation Vessel) - Empregadas para estimulação de poços de petróleo.
- PLSV (Pipe Laying Support Vessel) - Usadas para construção e lançamento de linhas.
- MPSV (Multi-Purpose Support Vessel – Embarcações empregadas em tarefas múltiplas.

- FPSO's (Floating Production Storage and Offloading)- Unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência.

Dentre as principais e mais importantes no suporte a produção offshore de petróleo destacam-se as seguintes:

5.1.1 Navio AHTS (Anchor Handling Tug Supply)

É uma embarcação polivalente, especializada em operações do tipo offshore, sendo utilizado em operações de manobras de âncoras, posicionamento de plataformas, reboques oceânicos de grandes estruturas e embarcações (a grande maioria das movimentações oceânicas de plataformas de petróleo e FPSO's são realizadas pelos AHTS). Estas embarcações também atuam no socorro e salvamento, combate a incêndios, transporte de suprimentos e cargas múltiplas, tais como, equipamentos para perfuração e prospecção de petróleo, tubulações, containers, correntes, possuindo ainda tanques específicos para transporte de combustível, água potável, drill water, cimento, barita, betonita, slops, entre outros.



Figura 3 – Navio do tipo AHTS

5.1.2 Navio PSV (Platform Supply Vessels)

Caracteriza-se por seus amplos espaços de convés e grande capacidade de manuseio de carga. Estes navios são utilizados no transporte de materiais e suprimentos para plataformas de perfuração, navios-sonda e embarcações maiores,

operando dentro da bacia petrolífera. Também têm como missão dar suporte à construção, manutenção e trabalho submarino em alto-mar, além de remover os resíduos gerados na atividade para a base de apoio.

Estas embarcações possuem equipamentos peculiares para detecção, contenção, sucção e armazenamento de suprimentos e consumíveis, em tanques apropriados e segregados a bordo do navio. Sobre o convés, realizam o carregamento de equipamentos e tubos, além de cargas soltas e containers; e abaixo do convés, fazem o transporte de granéis sólidos e líquidos como lama, cimento, água, combustível e produtos químicos, dentre outros.



Figura 4 – Navio do tipo PSV

5.1.3 Navio RSV

RSV (Remotely Support Vessel) - Embarcações equipadas com veículos de operação remota (Remotely Operated Vehicle - ROV). Caracterizam por possuir o robô submarino denominado ROV. (Vide abaixo).



Figura 5 - Navio do tipo RSV

A operação do ROV a partir da superfície possibilita intervenções diversas em equipamentos submarinos além das inspeções em dutos flexíveis e equipamentos. OS ROV's são essenciais para qualquer operação de intervenção ou inspeção em maiores profundidades. O navio RSV pode ainda realizar outras tarefas inerentes a um PSV por ser normalmente um navio PSV adaptado. A limitação fica para o pequeno espaço de convés devido a instalação do guincho e containers de controle do ROV.

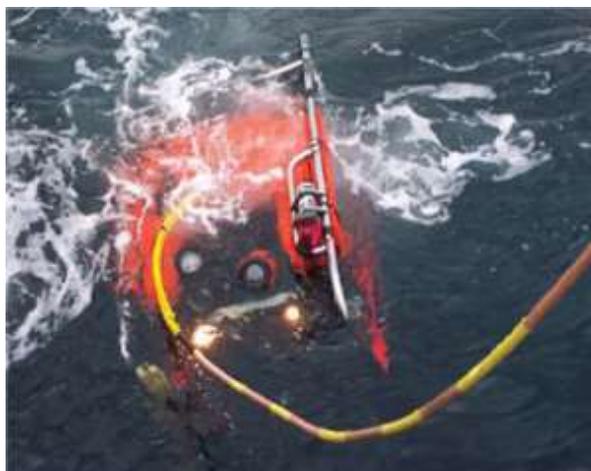


Figura 6 – ROV

5.1.3.1 ROV (Remotely operated vehicle)

ROV é um veículo subaquático, controlado remotamente, que permite a observação, inspeção e intervenção remota no fundo do mar de estruturas e equipamentos submarinos. A ligação entre o veículo e a superfície é assegurada por um cabo umbilical que permite a comunicação bidirecional, assim como o transporte de energia. (fig.6)

Esses sofisticados robôs possuem diversas utilidades e tipos diferentes que permitem operações a profundidades maiores que 300 metros durante um período mais prolongado do que seria conseguido com recursos a mergulhadores. Na engenharia naval e offshore, os ROV são usados para atingir profundidades em que o ser humano não pode sobreviver devido às condições de temperatura e pressão.

Para exploração em águas profundas, os ROV mais usados são da classe Work ou Workclass. Equipados com propulsores próprios, com potência entre 150 e 200 HP total; cabos umbilicais para transferência de imagens, dados e eletricidade; câmera para a captura de imagens submarinas; sondas; braços articulados para as mais variadas tarefas, entre outros.

5.1.4 Navios PLSV

PLSV (Pipe Laying Support Vessel) – São navios de construção, usados para o lançamento de dutos flexíveis e umbilicais. Possuem condição de armazenar na superfície ou nos porões grandes carretéis com dutos flexíveis e umbilicais. No convés possuem equipamentos capazes de fazer o lançamento desses dutos na rota entre a plataforma e o poço de petróleo ou manifold visando propiciar a produção, o controle e a intervenção em poços produtores ou injetores.

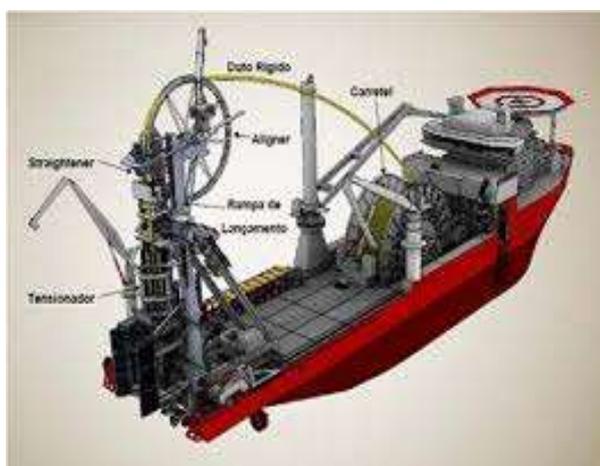


Figura 7- Navio do tipo PLSV

5.1.5 Navios DSV

DSV (Diving Support Vessel) - Embarcações para suporte e apoio ao mergulho saturado profundo. Esses navios possuem câmaras de saturação onde ficam os mergulhadores na pressão de trabalho. Possuem também o sino de

mergulho que transportam os mergulhadores da câmara até o local de trabalho no mar.



Figura 8 – Navio do tipo DSV



Figura 9 - Câmara de Saturação

5.2 Sistema de propulsão naval

Qualquer meio de produção de energia mecânica que permita o deslocamento de embarcações é chamado de Propulsão naval. Desde o remo base inicial da propulsão, passando vela, grandes e modernos motores a diesel e culminando com a propulsão nuclear. Esses sistemas se dividem em três categorias: propulsão humana (o remo), propulsão eólica (vela) e propulsão mecânica.

Até o século XIX a vela foi o principal meio de propulsão das embarcações, até o surgimento do motor a vapor. A transição da tecnologia foi híbrida, no início. A vela era utilizada durante a velocidade cruzeiro e o vapor para atingir velocidades maiores. Enquanto os ventos eram gratuitos, os motores a vapor exigiam grandes quantidades de carvão, o que ainda diminuía a carga útil do navio. Tudo mudou quando o engenheiro sueco John Ericsson, especialista em invenções navais obteve em 1836, na Inglaterra, a patente de várias formas de hélices, tipos de modelos conjuntos de palhetas duplas, para propulsão de navios, que revolucionaram a navegação comercial e militar. Tal fato propiciou o aumento de tamanho dos navios, a criação de embarcações totalmente metálicas e a hélice, vindo o motor a vapor se firmar como o principal meio de propulsão naval. A nova exigência de redução da emissão de Dióxido de Carbono aliada a busca por maior eficiência das

embarcações tem trazido de volta o desejo das embarcações híbridas com alguns armadores investindo nessas pesquisas. (figura.10)



Figura 10 – Navio com propulsão híbrida, eólica - mecânica

Com o desenvolvimento do motor a diesel, este substituiu o motor a vapor, pois os motores de combustão interna possuem maior rendimento. Uma menor quantidade de diesel era necessária em peso e volume do que o carvão, aumentando a capacidade de carga das embarcações.

Em 1903 os motores diesel marítimos entraram em uso. Por oferecerem uma maior eficiência que a turbina a vapor os motores a diesel logo se popularizaram e com isso houve também grandes avanços nos sistemas de apoio como as caixas de engrenagem, sistemas elétricos e inteligentes de controle até alcançar a tecnologia hoje existente.

5.2.1 Tipos de sistemas de propulsão naval

Existem hoje diferentes tipos de sistemas de propulsão naval. Cada aplicação, específica em função da utilização do navio, propicia vantagens como a redução no consumo de combustível e redução nos impactos ambientais. Outro aspecto se refere à simplificação do projeto de construção, o que torna melhor a utilização dos espaços a além de melhorar o ambiente de trabalho da tripulação com índices toleráveis de vibração e ruído.

Sistemas propulsivos utilizados nas embarcações de apoio na produção offshore de petróleo podem ser de três tipos: diesel – mecânico, diesel - elétrico e diesel - eletro – mecânico (DEM).

5.2.1.1 Propulsão diesel-mecânica

Para navios que necessitam de força bruta a propulsão diesel – mecânica é a mais utilizada, uma vez que necessitam de muita potência propulsiva, afim de que produzam a tração estática (Bollard Pull) necessária para atividades como reboque de unidades flutuantes e/ou outras embarcações, além da fixação de âncoras em solo marinho, caso típico de AHTS's. (Anchor Handling Tug Supply).(fig.11)



Figura 11 – Propulsão diesel – mecânica.

A configuração do sistema diesel – mecânica é caracterizada pela presença de duas linhas de eixo, com caixas redutoras de dupla entrada e saída única, além de dois motores diesel por linha de eixo, em um arranjo conhecido como *father-and-son*, no qual os motores possuem potências distintas. Em cada caixa redutora há geralmente uma tomada de força com um gerador de eixo. Devido a isso cada linha de eixo pode então ser servida por cada um dos motores, individualmente ou simultaneamente.

5.2.1.2 Propulsão Diesel-Elétrica

Esse tipo de propulsão é normalmente utilizado em embarcações cujos aspectos como alto grau de manobrabilidade e a necessidade de sistema DP (Dynamic Position) fazem com que a escolha de um sistema não convencional seja o melhor, caso típico de PSV's. (fig.12)

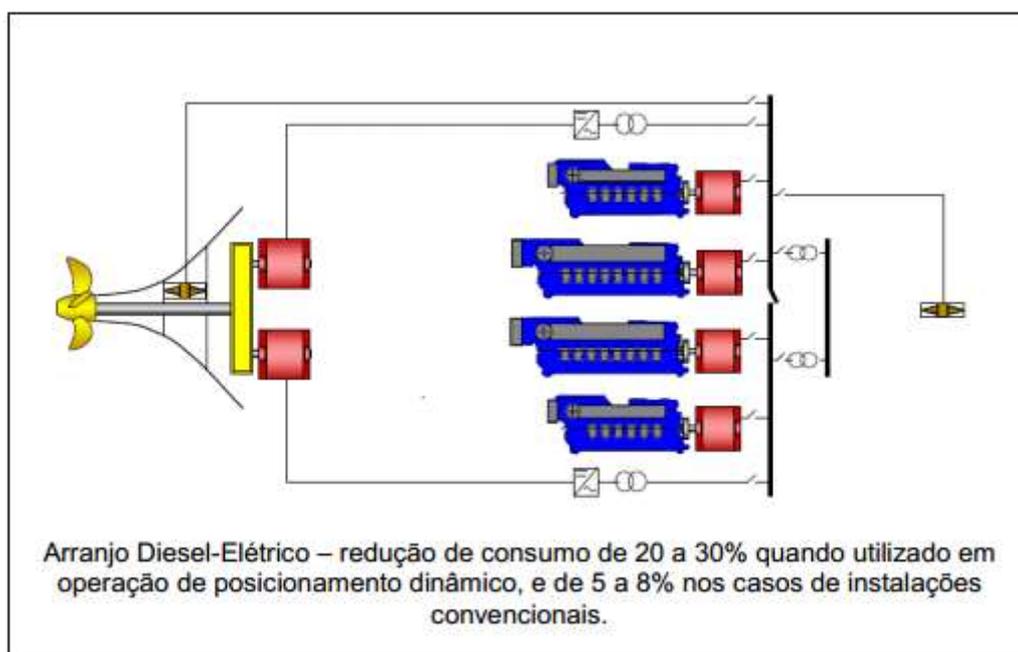


Figura12 - Arranjo diesel- elétrico

5.2.1.3 Propulsões híbrida (diesel mecânico + diesel elétrico)

As capacidades de posicionamento dinâmico, nas piores condições ou a capacidade de atingir a velocidade de serviço solicitada em contrato determinam a capacidade total do motor, em navios de suporte nas operações offshore de produção de petróleo. Por exigência de redundância, visando segurança das operações, uma grande parte das embarcações para esse fim é classificada como DP-2, por isso a potência instalada pode ser muito maior que a requerida para cargas médias.

O sistema híbrido veio como solução para atender ao perfil operacional tão diverso dessas embarcações. O fator de custo de construção mais alto compensa os custos operacionais mais baixos, propiciado pela economia de combustível, nesse tipo de configuração. Outra vantagem é que esse sistema permite versatilidade na geração de energia, atendendo todas as faixas de consumo, dentro das faixas de operação dos Motores e Geradores do sistema. Trabalhar a maior parte do tempo dentro da faixa de operação de projeto resulta em maior eficiência energética.

O sistema é composto pela parte mecânica, com motor diesel, caixas de redução, geradores de eixo e pela parte elétrica, com geradores principais e auxiliares capazes de suprir a demanda elétrica da embarcação juntamente com os geradores de eixo.

O sistema híbrido é caracterizado por ter os sistemas Diesel – Mecânico e Diesel – Elétrico operando em conjunto e de acordo com a conveniência operacional colhendo o melhor de cada sistema, e por isso possibilitando grande economia de combustível.(Fig.13).

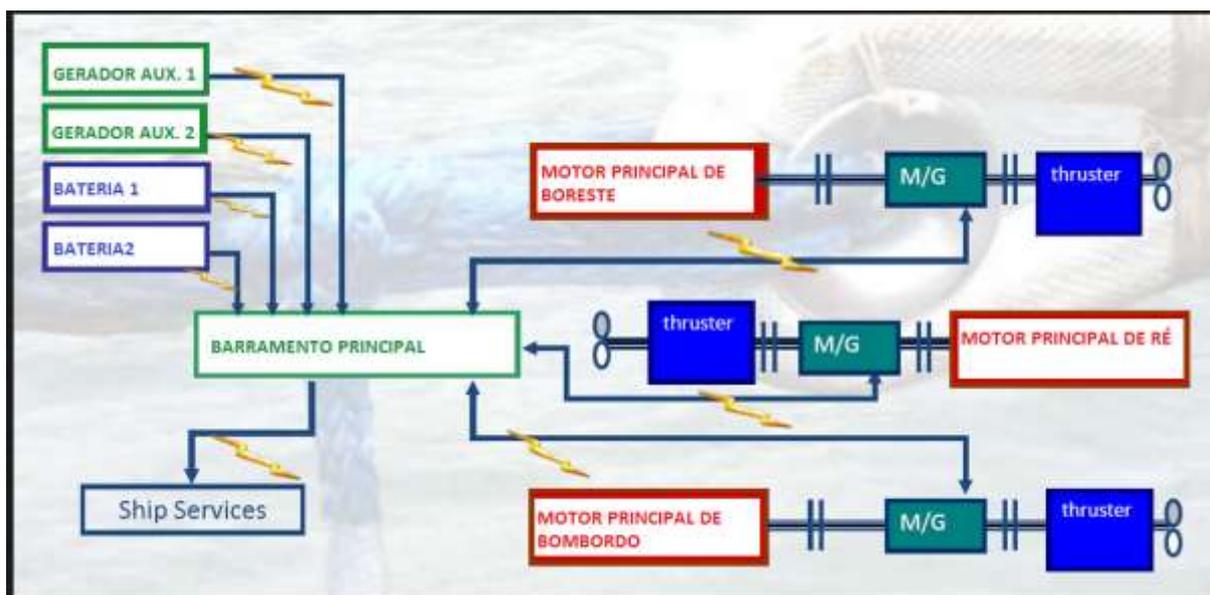


Figura13 - Sistema Híbrido

5.2.1.4 Comparações dos sistemas de propulsão com referência à eficiência energética

O sistema de propulsão diesel – mecânico também chamado de convencional ainda domina a formatação dos navios nos serviços de apoio offshore.

A indefinição quanto ao destino da embarcação na fase do projeto leva os armadores a optar por uma configuração com foco principal na tração estática, em detrimento do menor consumo de combustível, deixando o navio com flexibilidade para contratos diversos.

As recentes pressões por combustíveis limpos, eficiência energética e menor emissão de gases de efeito estufa nas embarcações começam a prover modificações em projetos de navios novos, com opção por configurações com foco na economia de combustíveis.

A solução para o menor consumo de combustíveis tem si dado na propulsão elétrica que ao longo dos anos tem mostrado ser bem econômica. A economia pode

ser de 15-25 por cento em perfis normais de operação e de até 40-50 por cento em operações em DP (posicionamento dinâmico).

O menor consumo de combustível no sistema Diesel Elétrico é atribuído à possibilidade de variação da velocidade dos propulsores, o que reduz perdas nos hélices para o mínimo quando comparado com os de velocidade fixas e passo controlável. Outro elemento é a partida e parada automática dos motores diesel, o que garante que a carga do motor seja mantida próxima ao ponto ótimo, dentro do limite operacional. O ganho energético advindo do sistema de passo fixo com velocidade controlável advém do fato de que na condição “idle run” (sem carga) ser possível controlar a velocidade de forma a consumir menos energia. Além disso, nas operações em DP a utilização da capacidade do propulsor é muito baixa para a maior parte do tempo nessa situação, o que acarretaria desperdício de potência e maior consumo de combustível caso não se pudesse diminuir a velocidade do hélice do propulsor.

A função do hélice é transformar a potência do motor em impulso. Suas pás trabalham por diferença de pressão: a água que está na área de alta pressão escoo para a de baixa, formando um movimento circular cuja circunferência é o “diâmetro” do hélice. Já o que se chama “passo” é a distância percorrida pela pá ao dar uma volta de 360 graus num hipotético bloco sólido, como a volta de um parafuso em uma porca. Na figura 14 temos um exemplo do hélice.

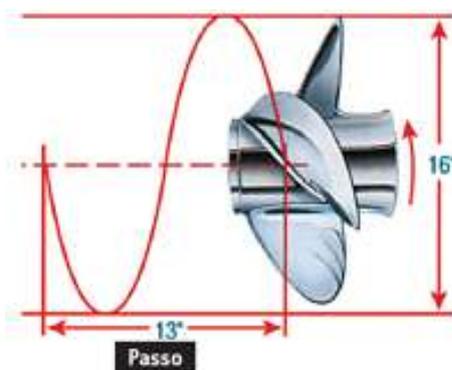
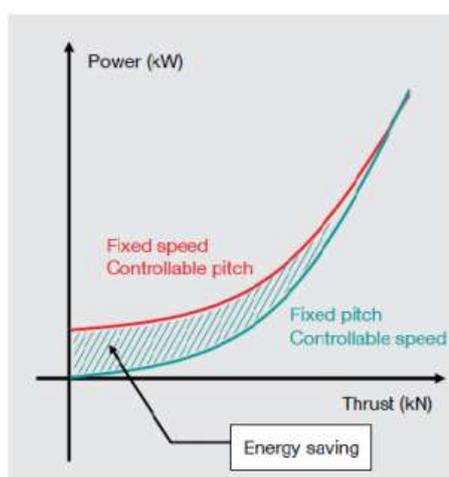


Figura14 - Hélice

Medidas: um hélice de 16" x 13" quer dizer que tem 16 polegadas de diâmetro com passo de 13 polegadas. Quanto maior o passo, maior a velocidade que o hélice

imprime ao barco.

A figura 15 mostra a comparação e gasto de energia quando o hélice está em passo fixo e em passo variável. A curva azul representa o hélice com passo fixo e velocidade controlável, caso do sistema Diesel Elétrico e a curva vermelha o contrário.



Comparação da potência do eixo (hélice de passo controlável com Velocidade fixa (CPP) e Velocidade variável com hélice de passo fixo (FPP)) (Fonte: ABB)

Fonte: ABB

Figura15 - Comparação passo fixo x passo variável

Outra característica é que a propulsão elétrica também oferece, dependendo da carga, o acionamento automático dos motores diesel de forma a produzirem melhor carga e ainda reduzir o consumo de combustível.

Como desvantagem o sistema Diesel Elétrico possui grandes perdas no sistema de transmissão entre os motores diesel e os propulsores. Enquanto as perdas inerentes às linhas de eixo e caixas redutoras de um sistema convencional são da ordem de 3%, as perdas de transmissão no sistema elétrico se situam na faixa de 8-10%. Essa perda maior por atrito acaba por praticamente neutralizar o ganho do sistema.

O quadro 1 nos dá um resumo das principais diferenças entre os sistemas propulsivos mais utilizados nas embarcações de apoio a produção offshore de petróleo.

Comparação dos sistemas de propulsão de navios de apoio a produção de petróleo com vistas à eficiência energética			
Tipo de operação/ Sistema	Diesel- Mecânico (Ou convencional)	Diesel- Elétrico	Diesel-Elétrico-Mecânico (DEM)
Navegando	Consumo Menor de óleo diesel	Consumo 10% maior devido múltiplas transformações	Consumo 25% menor que o Diesel Elétrico
Em DP	Consumo maior de óleo diesel Devido velocidade fixa do propulsor	Redução do consumo de combustível de 20 a 30% Possibilidade de variação da velocidade dos hélices.	Consumo menor (Equivalente ao Diesel-Elétrico)
Fundeado	Menor	Menor	Menor
Propulsão	Propulsão mecânica numa única linha de eixo e caixa redutora. Absorção de potência pelo propulsor quando este se encontra na condição de "passo zero". Apesar de não estar gerando empuxo, o propulsor está absorvendo em torno de 15 a 20% da potência máxima contínua do equipamento.	Os propulsores são acionados por motores elétricos alimentados por grupos-geradores diesel.	Misto. Em trânsito, opera uma propulsão mecânica. Em posicionamento dinâmico, a caixa redutora é desacoplada e os motores diesel passam a acionar geradores de eixo, com o navio mantendo posição através de impelidores laterais (thrusters) retráteis e de túnel acionados por motores elétricos. (Reúne o melhor dos sistemas DM E DE)
Hélice	Hélice de passo variável, velocidade constante	Hélices de passo fixo e velocidade controlável	Único hélice de passo variável, e grande diâmetro. Em DP usa-se os propulsores azimutais retráteis são acionados
Motores diesel	Possui motores diesel de média rotação. Capacidade limitada de variação de velocidade. Como há um gerador de eixo acoplado ao sistema, este necessita funcionar em rotação constante para que a frequência elétrica seja mantida sob controle (geralmente 60 Hz, ou menos comum 50 Hz), o que obriga os motores diesel acoplados à caixa redutora a funcionarem sempre na sua velocidade máxima (equivalente a 100% da potência máxima contínua).	Motores diesel alimentam os geradores e estes os motores elétricos que alimentam os propulsores	Em navegação dois motores diesel acionam os propulsores, tal qual o sistema diesel-mecânico. Em DP os motores são desconectados da linha de eixo e trabalham em paralelo com os geradores auxiliares formando o sistema diesel-elétrico.

Quadro 1- Comparação dos sistemas de propulsão

O sistema híbrido torna-se a solução quando se espera grande capacidade de tração estática e economia de combustível. Por essa razão muito dos novos projetos de embarcações para serviços de apoio offshore de produção de petróleo estão sendo construídos com sistema híbrido.

Chama atenção, entretanto o fato de esse sistema híbrido possuir maior complexidade mecânica fazendo com que a tripulação da embarcação tenha de ser mais ativa para selecionar o funcionamento ideal para os diferentes modos e condições a prevalecer.

Nos sistemas de configuração elétrica pura o sistema de gerenciamento de energia do navio controla de modo automático a melhor configuração de forma a obter redução no consumo de combustível com minimização da emissão de poluentes, especialmente de Óxidos de azoto (NOx) e Dióxido de carbono.

Com a adoção da propulsão diesel – elétrica por PSV e AHTS, o consumo de combustíveis, emissão de poluentes e custos operacionais estão sendo reduzidos drasticamente.

5.2.1.5 Perfil operacional da embarcação

O perfil operacional da embarcação torna-se um fator importante na seleção do sistema propulsivo. Navios com elevada taxa de tempo operando em DP possuem potencial de economia frente a outros modais de operação.

Souza estudou os consumos dos navios AHTS e PSV para os diferentes tipos de sistema propulsivo e perfil operacional típico. De posse de todos os cálculos referentes ao Consumo Médio Diário de combustível e conseqüentemente o Custo Médio Diário com combustível para os três tipos de configuração de sistema propulsivo (Diesel Mecânico, Diesel Elétrico e Híbrido).

Os resultados demonstraram para o perfil operacional considerado, que a configuração diesel elétrica se mostrou mais vantajosa para o navio AHTS e também para o navio PSV. Há de se considerar que para o Navio PSV a configuração híbrida se aproximou do Diesel Elétrico com pequena desvantagem.

Os resultados são compilados nas Quadros 02 e 03 a seguir:

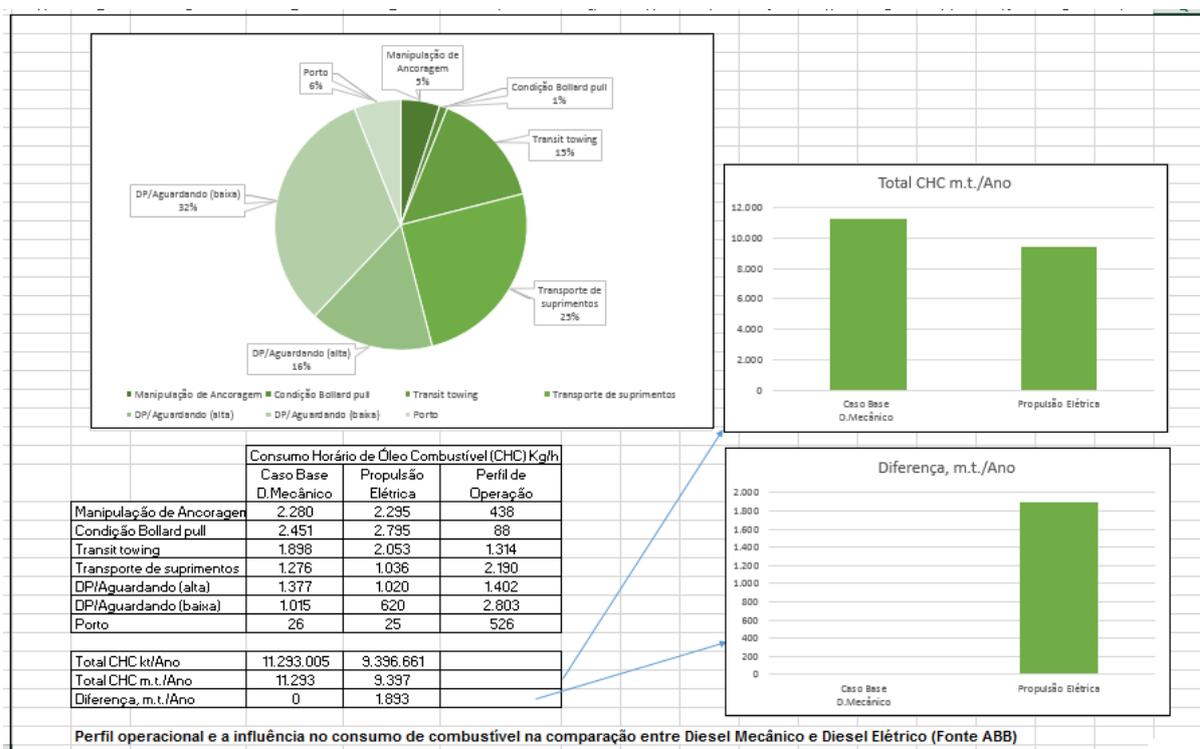
Navio AHTS		
	Consumo Médio Diário de Combustível (ton)	Custo Médio Diário de Combustível (US\$)
Sistema Diesel Mecânico	29,40	\$26.524,08
Sistema Diesel Elétrico	25,00	\$22.558,37
Sistema Híbrido	27,34	\$24.665,76

Quadro 02- Resultado para o navio AHTS

Navio PSV		
	Consumo Médio Diário de Combustível (ton)	Custo Médio Diário de Combustível (US\$)
Sistema Diesel Mecânico	22,95	\$20.705,57
Sistema Diesel Elétrico	21,16	\$19.091,43
Sistema Híbrido	21,21	\$19.140,13

Quadro 03 - Resultado para o navio PSV

O gráfico abaixo mostra um comparativo entre a propulsão Diesel Mecânica x Diesel Elétrico para o mesmo modal operacional.



Fonte: ABB

Figura 17- Comparação do sistema Diesel Mecânico x Diesel Elétrico com influência do perfil operacional

A propulsão elétrica apresentou ganho substancial representando economia de recursos financeiros e mitigando a emissão de gases poluentes.

5.3. Plano de gestão da eficiência energética do navio (SEEMP) e índice de eficiência energética operacional (EEOI).

Desde o começo do ano de 2013 estão em vigor novas regras internacionais de navegação da Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês). Essas regras têm por objetivo reduzir a emissão de gases-estufa do transporte marítimo.

No Brasil, até abril de 2013, O Sindicato Nacional das Empresas de Navegação Marítima (Syndarma) contava 133 embarcações offshore - que dão apoio marítimo às embarcações de óleo e gás na costa do país, com bandeira brasileira e um número bem maior de empresa estrangeiras sob contrato das petroleiras.

De acordo com as novas regras, os navios precisam desenvolver um plano de gestão de eficiência energética (SEEMP, na sigla em inglês), com atividades de manutenção e de operação que resultem na redução da emissão de gases.

Os navios novos - os que começaram a ser construídos em janeiro, e os com data de entrega a partir de julho de 2015 - têm que cumprir um índice que relaciona a quantidade de gases-estufa e a carga transportada. O Índice de Projeto de Eficiência Energética (EEDI) é definido pela IMO. Quanto menor o EEDI, mais eficiente será o navio. O EEDI não é focado nesse trabalho.

Para a aplicação do SEEMP e do EEOI focamos uma embarcação em trabalho de apoio na produção offshore de petróleo, aqui denominada Ship 1.

O propósito do SEEMP é estabelecer mecanismos para a companhia e ou navio possam implantar a eficiência energética em operação.

De preferência, o SEEMP de um navio específico deve estar ligado à política de gestão de energia da empresa proprietária (armador). É importante reconhecer que poderá haver variações do SEEMP considerando que navios de uma mesma empresa poderão estar operando sob uma ampla gama de diferentes condições.

A seguir Dados de típico RSV (PSV com ROV), navio da frota prestadora de serviços de apoio a produção offshore de petróleo, no qual se baseia a aplicação do SEEMP e EEOI desse trabalho, denominado Ship 1.

5.3.1 Características da embarcação

O navio Ship 1 é embarcação do tipo RSV- ROV Support Vessel, operando em serviços de apoio na produção offshore de Petróleo.



Figura.16- Ship 1

5.3.1.1 Características

- Navio de propulsão híbrida. (Diesel-Elétrico-Mecânico)
- Tonelagem Bruta: 3147
- Porte bruto: 2000 t
- Comprimento x Largura: 78m x 17.22m
- Ano de construção: 2009
- Estado: Ativo

7.3.1.2. Classificação de construção

UT 755 LN

PLATFORM SUPPLY VESSEL (DP2)

5.3.1.3 Classificação

O Ship 1 é classificado como DP-2. DP- Sistema de Posicionamento Dinâmico, ou Sistema DP, é um sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa. Em linhas gerais, corresponde a um complexo sistema de controle de posição dinâmica, composto por varias variáveis, capazes de tornar seu posicionamento mais preciso (GPS, DGPS,

Anemômetros, Giroscópios, Bussolas magnéticas etc.) Seus atuadores para mantê-los na posição são (propulsores, thrusters azimutais ou fixos, com ou sem controles de velocidade e leme) e um computador central responsável pela execução das correções de posição e interface com o operador. DP-2 possibilita operar em posição automática e manual e garantir posição e controle em condição ambiental máxima especificada mesmo durante e após falha de um sistema. (Dois sistemas de computadores independentes).

5.3.1.4 Sistemas propulsão e de gerenciamento de energia

Todo o sistema do navio Ship 1 é alimentado por dois motores principais, marca Mitsubishi, alimentados por óleo diesel marítimo e com capacidade de 2340 KW cada. (fig.17)

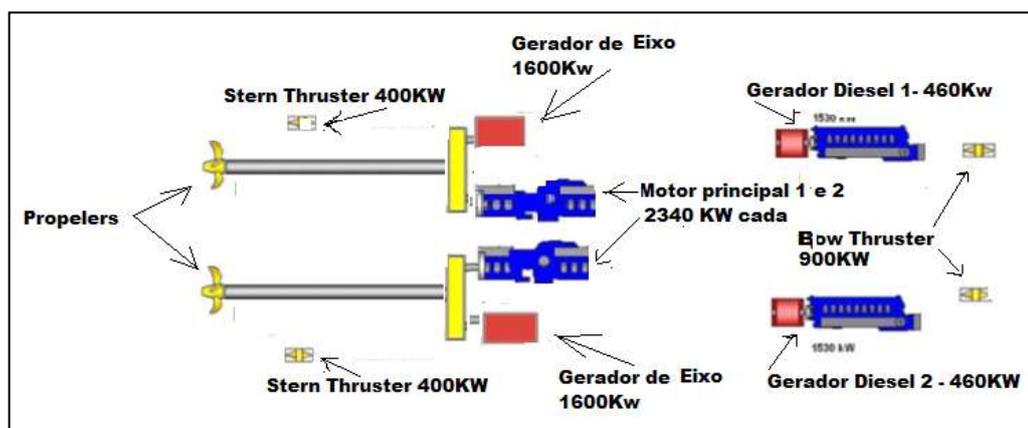


Figura.17- Esquema de propulsão e geração elétrica do navio Ship 1.

O quadro de conexão consiste de 04 barramentos (1, 2, 3, 4) e de mais dois barramentos (5 e 6) ditos de alto consumo. Todos conectados por disjuntores. Possui dois geradores diesel de 460KW cada, conectados nos barramentos 1 e 2 e dois geradores de eixo de 1600KW cada conectados nos barramentos 3 e 4. Conta ainda com dois bow thrusters com motores de 900 KW cada, conectados nos barramentos 3 e 4. Conta ainda com dois Stern thrusters de 400KW podem ser alimentados nos barramentos 1 ou 3 e outro pode ser alimentado nos barramentos 2

ou 4.

5.3.2 Considerações o Plano de Eficiência Energética do Ship 1 - SEEMP

Desenvolver o SEEMP Com base no Anexo 9 da Resolução MEPC. 213 (63), o Guidelines for The Development a Ship Energy Efficiency Management Plan.

A empresa armadora, proprietária da embarcação, tem o compromisso de proteger as pessoas e o ambiente pelo acompanhamento e análise do consumo de energia em seus navios, usando lições aprendidas e melhores práticas, para melhorar a eficiência energética e a redução de emissões de gases de efeito estufa.

É política do Armador do Ship 1, que suas embarcações tenham as operações marítimas realizadas de forma tão eficiente quanto possível, compatíveis com as operações seguras e confiáveis. Aumentar a eficiência energética permanece a forma mais barata e mais abundante de energia nova disponível hoje.

O propósito deste SEEMP é otimizar a conduta operacional do navio visando a eficiência energética na operação em conformidade com as orientações da IMO.

Como parte da política da Cia. As normas da empresa reconhecem a importância da conservação da energia. A Cia. Está consciente que dependemos dos recursos naturais para todas as nossas necessidades energéticas e considera esses recursos como tesouros.

A Cia. está preocupada com a desafiante diminuição dos recursos naturais em geral e do suprimento de energia em particular;

Para fazer com que nossos recursos energéticos utilizados durem por mais tempo, a Cia esta comprometida em:

- Fazer um esforço sincero, controlado e consciente do uso dos recursos disponíveis a fim de lidar com a disponibilidade e a crise;
- Colocar limite onde praticável, com a visão de redução do consumo de combustível;
- Evitar o uso indevido dos recursos controlando o desperdício de energia;
- Conservar energias, recorrendo a todos os meios que garantam seu fornecimento por longo prazo;

- Adotar os melhores métodos na área de trabalho, tais como manutenção adequada de todas suas máquinas e equipamentos.

5.3.2.1 Operação do Navio

O Ship 1 opera como navio de suporte nas operações offshore de produção de Petróleo como navio de suporte com ROV. A embarcação tem um regime operacional que a mantém boa parte do tempo de posicionamento dinâmico com navegações entre tarefas. Vai ao porto a cada 15 dias para troca de turma e reabastecimento de víveres sendo que a cada 60 dias permanece por 24 horas para reabastecimento e manutenção.

A embarcação além da tripulação conta com pessoal de operação do ROV e de hotelaria além de técnicos do cliente. Normalmente trabalha com 40 pessoas a bordo. O limite de pessoal é condicionado pela capacidade de salvatagem.

5.3.2.2 Melhores práticas a bordo

As melhores práticas alvo de atenção para o alcance da eficiência energética no navio Ship 1 são:

- a) O Índice de Eficiência Energética Operacional - EEOI é considerado mensalmente. Grandes variações do planejado x executado no consumo de combustíveis devem ser comunicadas à matriz e investigado;
- b) Não utilizar os boilers auxiliares com demasia;
- c) Seguir o programa confiabilidade para otimizar o desempenho do motor principal e auxiliares usando o sistema de monitoramento do navio;
- d) Otimizar o Trim do navio sempre que possível;
- e) usar as configurações de piloto automático de forma eficaz durante navegação;
- f) Minimizar o uso desnecessário de máquinas e sistemas hidráulicos, bombas de incêndio, etc.;
- g) Pessoal do convés deve sempre se comunicar com a praça de máquinas sobre lastro e cargas;

- h) A tripulação do navio deve se reunir e discutir os impactos da substituição prematura de peças do maquinário e formas de usá-las de maneira mais eficiente;
- i) Maximizar a carga quando possível no Gerador diesel e quando for seguro fazê-lo;
- j) O navio deve comunicar ao departamento técnico operacional os impactos econômicos das mudanças;
- k) Apagar as lâmpadas nas acomodações não utilizadas no alojamento;
- l) Evitar o uso das lavadoras de roupa com quantidades aquém de sua capacidade;
- m) Uso da gravidade para deslastro pode ajudar a economizar combustível;
- n) Troca de água de lastro deve ser revista para a eficiência energética, mas não ao custo de mudança de Objetivos.

5.3.2.3 Medidas e metas do Ship 1 para o Plano de Eficiência Energética.

As principais medidas de atenção e acompanhamento são:

- Operações eficientes de combustível

A operação eficiente de combustível se consegue com um bom planejamento de rota de forma a adequar as velocidades, paradas e condições ambientais de forma a se conseguir a melhor produtividade ao menor consumo de combustível.

- Inspeção e limpeza do hélice e do Casco

O aumento da rugosidade do casco devido à vida marinha causa resistência ao avanço e conseqüentemente o aumento da energia despendida no deslocamento. Resistência de casco pode ser otimizada por novas tecnologias de revestimento, em combinação com intervalos de limpeza. É recomendada a inspeção regular em água da condição do casco. A docagem a intervalos regulares para manutenção, limpeza e pintura do casco dentre outras atividades devem ser realizadas.

Para evitar o aumento da rugosidade do casco poderá ser avaliada a limpeza por jateamento e pintura por sistemas de pintura subaquática, embora seja o dick seco o local ideal para esse trabalho.

A docagem de um navio é um acontecimento de elevada importância para a vida útil de um navio e decorre pelo cumprimento de regulamentos a cada 2 anos e meio, no mínimo, a não ser que ocorra alguma emergência. E durante 5 anos todos os equipamentos do navio devem ser vistoriados ao menos uma vez também. A data de cada docagem já é predisposta nos respectivos certificados das embarcações, que são definidos pela Sociedade Classificadora.

A docagem representa a possibilidade de inspecionar o navio e fazer os necessários reparos com este fora de água, permitindo o acesso a zonas normalmente só acessíveis por mergulhadores.

Igualmente ao casco, também o hélice (propulsor) diminui sua eficiência com a rugosidade. A condição de sua superfície é item importante na economia de combustível. O trabalho de limpeza e polimento contribui para a melhoria da performance e da eficiência energética do navio.

- Gerenciamento do desempenho dos motores principais

Motores marítimos diesel possuem uma alta eficiência térmica, (~50%). Esse excelente desempenho somente é excedido com o uso da tecnologia de célula de combustível que pode alcançar uma eficiência térmica de até 60%. Isto é devido à minimização sistemática das perdas de calor e mecânicas. A nova geração de motores controlados eletronicamente podem proporcionar ganhos de eficiência, entretanto pode precisar de treinamento específico para o pessoal de máquinas a fim de maximizar os benefícios.

A elaboração do plano de manutenção bem como sua correta execução de acordo com a orientação dos fabricantes dos motores irá contribuir para ganhos de eficiência. O uso do monitoramento das condições do motor é uma ferramenta útil para ganhos de eficiência.

Meios adicionais para melhorar a eficiência do motor incluem:

- Uso de Aditivos para combustível;
- Ajuste do consumo de óleo de lubrificação do cilindro;
- Análise de torque e
- Sistemas de monitoramento automatizado do motor.
- Gestão a bordo do combustível

O acompanhamento do consumo diário frente ao modal de operações fornece um padrão médio de consumo do navio. A partir do conhecimento desse valor

podem-se detectar desvios do padrão médio que deverão ser investigados, identificados e corrigidos.

- Geração de energia

Uma revisão de serviços elétricos a bordo pode revelar o potencial de ganhos de eficiência inesperados. Entretanto deve-se tomar cuidado para evitar a criação de novos riscos de segurança ao se desligar serviços elétricos. Isolamento térmico é um meio obvio de poupança de energia.

- Otimização de Trim

O trim, caimento ou compasso constitui a inclinação longitudinal de um navio para uma das suas extremidades (proa ou popa). Pode ser neutro caso 1 da figura, positivo caso 2 da figura ou negativo o contrário da figura 2.

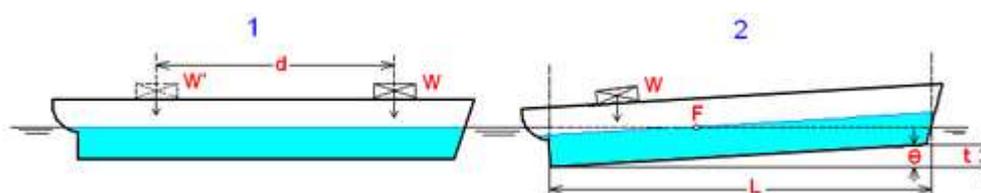


Figura 18- TRIM do navio.

A maioria dos navios é projetada para transportar uma determinada quantidade de carga a uma determinada velocidade para o consumo de combustível específico. Carregado ou descarregado, o Trim tem uma influência significativa sobre a resistência do navio através da água e pode entregar significativa economia de combustível. Para qualquer projeto há uma condição de trim que dá resistência mínima. O navio deve avaliar qual a condição ideal de Trim para a eficiência energética ao longo da viagem. Fatores de segurança de projeto podem impedir a plena utilização de otimização do Trim.

- Treinamento e familiarização da tripulação

Para a efetiva e permanente implementação das medidas adotadas, é necessária a sensibilização e oferta de treinamento para o staff de bordo e terra. O desenvolvimento dos recursos humanos deve ser incentivado e considerado como um componente importante de planejamento, bem como um elemento crítico da implementação.

- Monitoramento e verificação

A eficiência energética do navio deve ser monitorada quantitativamente. Isso deve ser feito por um método estabelecido, de preferência por um padrão internacional. O EEOI desenvolvido pela IMO é uma das ferramentas para obter um indicador quantitativo da eficiência energética de um navio e / ou frota em operação estabelecido internacionalmente. Pode ser considerado como o principal instrumento de acompanhamento, embora outras medidas quantitativas possam ser adotadas.

- Explicação para cálculo do EEOI

O EEOI - Energy Efficiency Operational Indicator (Índice de Eficiência operacional) é o principal indicador do Plano de Eficiência Energética do Navio, indicando se a meta de redução do consumo e emissão de gases de efeito estufa via uso eficiente do combustível, esta sendo atingida. O cálculo de baseia no MEPC.1/Circ.684- Calculation Of Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) da IMO.

- Auto avaliação e resumo das melhores práticas

A auto avaliação e melhoria é a fase final do ciclo de gerenciamento. Esta fase deve produzir feedback significativo para a próxima primeira fase do próximo ciclo de melhoria. O contribui ainda para avaliar a eficácia de implementação das medidas de planejamento da CIA de forma global para a correção e ajustes necessários de forma corporativa.

6 RESULTADOS

6.1. Plano de Eficiência Energética do Navio Ship 1

Desenvolvido com base no 2012 Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) da IMO/MEPC.

Name of Vessel:	SHIP 1	GT:	
Vessel Type:	RSV	Capacity:	
Date of Development:	28/12/12	Developed by:	Gerência QST
Implementation Period:	From: 1/1/13 Until: 1/1/14	Implemented by:	Comandante da embarcação
Planned Date of Next Evaluation:	1/1/14		

6.1.1 Medidas

As principais medidas consideradas estão condensadas e alinhadas aos principais pontos de atenção do navio e que devem ser cuidadosamente monitoradas para o alcance da eficiência energética. Quadro 04 apresenta um condensado dos principais pontos de atenção convertidos em Medias de controle e indicadores.

Medidas de Controle	Indicador
Operações eficientes de combustível	Tonelada de óleo diesel /h navegada
Inspeção e limpeza do hélice e do casco	Velocidade de navegação
Gerenciamento do desempenho dos motores principais	Consumo de óleo diesel
Geração de energia	Carga média
Otimização de trim	Em navegações acima de 12 MN
Treinamento e familiarização da tripulação	Treinamentos semestrais
Monitoramento e verificação	Resultado do EEOI
Cálculo do EEOI	Cálculo diário do EEOI
Auto avaliação e melhores práticas	Reunião Mensal de avaliação

Quadro 04 - Medidas de controle

6.1.2 Monitoramento

As medidas de controle devem receber monitoramento diário pelo seu responsável.

O monitoramento principal se dará pelo EEOI- Índice de Eficiência Energética Operacional. O Uso desse indicador se justifica por ser desenvolvida pela IMO, sendo ferramentas internacionalmente estabelecida para a obtenção de um indicador quantitativo da eficiência energética do um navio.

6.1.3. Metas e medidas de controle.

As medidas de controle foram condensadas no Quadro 05 onde constam indicadores e metas.

Medidas de controle	Indicador / meta	Responsável
Operações eficientes de combustível	Tonelada de óleo diesel /h navegada Igual ou Inferior 0.5 ton por hora	Comandante
Inspeção e limpeza do hélice e do Casco	Velocidade de navegação Navegar acima de 10 kts.	Comandante
Gerenciamento do desempenho dos motores principais	Consumo de óleo diesel Consumo diário inferior a 12,5 ton	Chefe de máquinas
Geração de energia	Carga média 2450 KW	Chefe de máquinas
Otimização de trim	Sempre que for navegar acima de 12 MN Navegar acima de 10 kts.	Comandante
Treinamento e familiarização da tripulação	Semestral de treinamento e reciclagem Mínimo 01 treinamentos semestral	Comandante
Monitoramento e verificação	CO2 diário emitido Valor médio de 37 g/ton O.D	Comandante
Cálculo do EEOI	Cálculo diário do EEOI Entre 35 a 38 g/ton	Comandante
Auto avaliação	Reunião Mensal de avaliação Não conformidade menor ou igual a 1.	Comandante

Quadro 5- Metas e medidas de controle

6.1.4. Avaliação

Mensalmente se verifica pelo indicador EEOI, se o valor limite de emissão 14.100 gramas de Dióxido de Carbono (CO₂) foi alcançado. Valor superior de emissão de CO₂ deverá ser alvo de investigação para ajuste dos parâmetros fora da meta. Considera-se operando dentro de limites de eficiência energética com a obtenção de valores de emissão inferiores ao valor limite estabelecido.

A IMO orienta que esse índice deve estar atrelado ao consumo de combustível e emissão de CO₂ do navio como um indicador de sua eficiência energética.

6.2 Cálculo do Índice de Eficiência Energética Operacional (EEOI).

Índice calculado com referência no MEPC.1/Circ.684 - 17 August 2009 - Guidelines For Voluntary Use Of The Ship Energy Efficiency Operational indicator (EEOI).

Para o Ship 1. O valor tem por base a quantidade em massa de Dióxido de Carbono (CO₂) emitido no mês. O valor é comparado com a meta estabelecida. Valor maior que a meta significa queda de eficiência energética e maior emissão de CO₂.

O período de cálculo do EEOI do Ship 1 é mensal e os dados são apurados diariamente com base nas medidas de controle e metas (Quadro 05).

Utilizando os dados quando 06, usa-se o fator de conversão de massa de combustível em massa de CO₂ (C_{carbon}), função do tipo de combustível utilizado no navio.

Cabe ressaltar que o indicador é altamente sensível aos dados do quadro 05, medidas de controle e metas. Qualquer não conformidade naqueles indicadores irão levar a um maior consumo de óleo diesel com impactos na eficiência energética do navio.

Type of fuel	ISO Specification	Carbon content m/m	C _{Carbon} [g CO ₂ / t Fuel]
1 Diesel/Gasoil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875 ¹	3,206,000
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86 ²	3,151,040
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85 ¹	3,114,400
4 Liquid Petrol Gas (LPG)		0.81 ¹	2,967,840
5 Natural Gas		0.80 ²	2,931,200

Referência: Circular IMO MEPC. 471, página 9.

Quadro 06 - Fatores de conversão de massa de combustível em massa de Dióxido de Carbono (CO₂).

Com base nos dos dados operacionais coletados em conformidade com as metas da (tabela 04) medidas de controle e metas do Ship 1 alimenta-se a tabela de controle de dados operacionais, em planilha Excel, conforme Quadro 7 abaixo, e calcula o índice de CO₂ emitido.

Nome da Embarcação: Ship-1		01-Set-14		02-Set-14		03-Set-14		04-Set-14		05-Set-14	
Mês – Setembro - 2014											
Atividade		DIESEL USADO	Carga Média (KW)	DIESEL USADO	Carga Média (KW)	DIESEL USADO	Carga Média (KW)	DIESEL USADO	Carga Média (KW)	DIESEL USADO	Carga Média (KW)
1	PORTO PARA CAMPO DE PRODUÇÃO, KL	8.4		5.4		11.671					
2	OPERAÇÃO NO CAMPO DE PRODUÇÃO, KL	6.5						13.8		13.9	
3	ATIVIDADES DE ESPERA NO CAMPO DE PRODUÇÃO, KL										
4	DESCARREGAMENTO DE CARGA NO CAMPO PROD., KL										
5	CARREGAMENTO / DESCARREGAMENTO NO PORTO, KL			1.8		0.6					
6	CARREGAMENTO DE SUPRIMENTOS NO PORTO / ANCORADOURO, KL										
	TOTAL (TONELADAS)	12.608	2450	6.0926	2400	10.384	2450	11.678	2396	11.762	2415
	TONELADAS DE O.D. POR HORA QUANDO NAVEGANDO	0.5		0.2		0.4		0.5		0.5	
	TONELADAS DE O.D. POR HORA NÃO NAVEGANDO	0.0		0.1		0.02		0.0		0.0	
	GRAMAS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) POR TONELADA DE ÓLEO DIESEL (O.D)	40,4		19,5		33,3		37,4		37,7	
	VELOCIDADE MÉDIA DURANTE NAVEGAÇÃO	DP/ROV/10.3 Kts		10 KTS/PORTO		PORTO/10.1		DP / ROV OPS		DP /ROV OPS	

Quadro 7 - Planilha de controle em Excel.

O Cálculo do EEOI se dá pelas fórmulas abaixo:

1- Total de óleo diesel consumido:

$$FC_j = \sum \text{KL} \times 0,8462$$

2- O EEOI diário é dado pela expressão:

$$\text{EEOI} = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{1} \quad \text{Equação 1}$$

3- O EEOI mensal é dado por:

$$\text{EEOI} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{1} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- j é o tipo de combustível;
- i é o dia;
- FC_{i j} é a massa de combustível em tonelada consumido no dia i;
- CF_j é a massa de combustível para o Dióxido de Carbono (CO₂) (Ccarbon da tabela 03) fator de conversão em massa para o combustível j.
- Quantidade de óleo diesel consumido em quilolitro (1kl = 1000 l).
- 0,8462 equivale ao valor considerado da densidade do óleo diesel.

Obs. O Guideline da IMO orienta o denominador para o número de viagens x carga, caso de navios de transporte de contêineres. Por ser a operação do RSV a maior parte do tempo em DP, optou-se por considerar denominador igual a 1 ficando o índice exclusivo para a emissão de CO₂ por um período de tempo.

EEOI diário = g CO₂ por tonelada de óleo diesel (variando de 35 a 38)

EEOI mensal = Total mensal g CO₂ emitido

A meta é não superar a média de 14.100 gramas de Dióxido de Carbono (CO₂) emitidos por mês.

7 CONCLUSÃO

A construção prática do Plano de Gerenciamento da Eficiência Energética do navio e do indicador Índice de Eficiência Energética Operacional se mostrou de grande efeito prático e com resultados relevantes, tanto do ponto de vista ambiental como para o controle da emissão dos gases de efeito estufa, sobretudo o Dióxido de Carbono, como de efeitos financeiros pelo menor consumo de óleo diesel.

As melhores práticas fazem manter o indicador EEOI dentro dos parâmetros e refletem o cuidado atencioso aos detalhes principais capazes de promover o consumo eficiente de combustível e na maior operacionalidade do navio.

Para os navios RSV a dificuldade de cálculo do EEOI se dá devido ao navio ficar mais tempo na posição dinâmica dificultando aplicar a fórmula com base na navegação. Optou-se no primeiro momento ao cálculo da emissão de dióxido de Carbono em peso, atrelado ao consumo do combustível. A fórmula poderá ser aprimorada nas revisões programadas.

O plano, embora trabalhoso no início, se mostra excelente ferramenta de gerenciamento.

O Brasil teria muito a ganhar com a implementação imediata da Resolução MEPC.203 (62), mas ainda não aderiu à convenção, embora tal fato não impeça os armadores de aderirem de forma voluntária e implantarem a bordo dos navios os itens requeridos.

O certo é que haverá o momento que a organização Marítima internacional não mais irá aceitar os navios sem a certificação relativa aos itens preconizados na Resolução. Vale lembrar que em 2012 (70) países já haviam retificado o anexo do MARPOL VI, alguns extremamente relevância para o comércio marítimo mundial, tais como: Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, França, China, Espanha, Índia, Itália, Japão, Holanda, Cingapura, Grécia, Dinamarca, Rússia, Coreia e Noruega.

8 REFERÊNCIAS

AIE – International Energy Agency- **About Energy Efficiency**. Disponível em: <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/subtopics/energyefficiencyindicators>. Acesso em: 28 ago. 2014.

BARNES, J: **Dados de todo o mundo confirmam aumento do CO₂ na atmosfera. Instituto Carbono Brasil**. Disponível em: http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mudancas_climaticas1/noticia=737069> Acesso em 27 set. 2014.

CLUBE NÁUTICA. **Performance ruim? Olho no hélice, não vá trocando seu motor**. Disponível em:< <http://clubetattica.com/noticias/boats/performance-ruim-olho-no-helice-nao-va-trocando-o-seu-motor/>> Acesso em: em 30 out. 2014.

IMO-INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION- **Resolution MEPC.213(63) ANNEX 9, Adopted on 2 March 2012- Guidelines For the Development of a ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)**. Disponível em: <http://www.imo.org/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Documents/MEPC%20-%20Marine%20Environment%20Protection/213%2863%29.pdf>> Acesso em: 15 out. 2014.

IMO-INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION- **MEPC.1/Circ.684 - 17 August 2009 - Guidelines For Voluntary Use Of The Ship Energy Efficiency Operational indicator (EEOI)**. Disponível em: http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=26531&filename=684.pdf> Acesso em: 16 out. 2014.

IMO- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION - **Energy efficiency and the reduction of GHG emissions from ships**. Disponível em: <http://www.imo.org/mediacentre/hottopics/ghg/Pages/default.aspx>> Acesso em: 18 ago. 2014.

MYKELEBUST; ARNE, TOR; ADNANES; KARE, ALF – **Parallel hybrid propulsion for AHTS**. – Disponível em: [http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/d4355c6a83641884c1257a8a003c5ada/\\$file/abb%20generations_24%20parallel%20hybrid%20propulsion%20for%20ahts.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/d4355c6a83641884c1257a8a003c5ada/$file/abb%20generations_24%20parallel%20hybrid%20propulsion%20for%20ahts.pdf). Acesso em: 25 out. 2014.

PATENTES ON LINE, **Sistemas Marítimos de Propulsão e Distribuição de Potência**. Disponível em: <http://w.patentesonline.com.br/-222121.html>> Acesso em: 02 out. 2014

SARDINHA, ÁLVARO. **Poluição e o Transporte marítimo**- Coleção Mar

fundamental- Lisboa, Julho de 2013.

SOUZA, FELIPE A. COELHO. **Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e Híbrido para Embarcações de apoio a plataformas.** TCC (Graduação EM Engenharia Naval) - Escola Politécnica- engenharia Naval e Oceânica- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro- 2013

SOUZA, SÂMARA PINTO. **Propulsão Naval.** Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABRUIAA/trabalho-embarcacoes-propulsao-naval-codog-cogog>> Acesso em: 03 de out. 2014.

SYNDARMA. **Frota de Embarcações de Apoio Marítimo no Brasil.** Disponível em:
<<http://www.abeam.org.br/upload/frota.pdf>> Acesso em: 14 out. 2012.

UOL- **Energia: Entenda por que o petróleo está no centro de atuais disputas políticas no mundo.** Disponível em:< <http://www.uol.com.br/atualidades/energia>>-
Acesso em: 02 jul. 2014.