

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

ANDRÉ BORGES FURTADO

EFICIÊNCIA DA PROPULSÃO HÍBRIDA NO SETOR NAVAL

RIO DE JANEIRO

2014

ANDRE BORGES FURTADO

EFICIÊNCIA DA PROPULSÃO HÍBRIDA NO SETOR NAVAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: OSM Clóvis Ferreira Mendes.

RIO DE JANEIRO

2014

ANDRÉ BORGES FURTADO

EFICIÊNCIA DA PROPULSÃO HÍBRIDA NO SETOR NAVAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Clóvis Ferreira Mendes
Oficial Superior de Máquinas

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho a todos os trabalhadores da classe aquaviária, assim como os que desenvolvem tecnologia em todos os seguimentos voltados à área naval.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Aline da Rocha, que como o nome já diz, tem a firmeza necessária para transpassar com boa vontade as dificuldades inerentes a uma dedicada esposa de um homem do mar, sempre com um sorriso lindo estampado no rosto que me faz sentir-me muito realizado como marido e amigo, e em seus braços é que anoro com segurança após mais uma jornada de dedicação e trabalho no mar.

“Nossos objetivos merecem os nossos sacrifícios.”

OSM Délio

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência energética com a utilização do sistema de propulsão híbrido na área naval. Será definido o que é este sistema e onde ele se aplica, assim como será feita uma análise da redução de consumo de combustível fóssil com um maior rendimento da energia gerada a bordo pelos grupos geradores, e demonstrado as possíveis configurações que este sistema permite fazer. As operações mais significativas das embarcações de reboque e manuseio de ancoras, chamadas no meio marítimo de *anchor handling tug supply* no apoio marítimo, como o *bollard pull* e a velocidade de serviço, serviram de base para esta análise contida neste objeto de estudo.

Palavras-chave: Propulsão. Sistema Híbrido. Eficiência Energética.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate the energy efficiency using the hybrid propulsion system on the naval area. Will be defined what this system is and where it applies, as well as an analysis of the reduction of fossil fuel consumption with a higher yield of energy generated by the onboard generator sets will be made, and demonstrated the possible configurations that this system can do. The most significant operations of vessels towing and anchor handling, called of anchor handling tug supply in maritime supply, as the bollard pull and speed of service, served as the basis for this analysis in this object of work.

Keywords: Propulsion. Hybrid System. Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Sistema híbrido	13
Figura 2 -	Gráfico do perfil operacional de uma embarcação AHTS	15
Figura 3 -	Linhas de tendência	17
Figura 4 -	Configuração de bollard pull	21
Figura 5 -	Configuração de velocidade de serviço	21
Figura 6 -	Configuração de posicionamento dinâmico	22
Figura 7 -	Configuração de porto	22
Figura 8 -	Valores do óleo diesel marítimo	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Cálculo de potência	19
Tabela 2 -	Cálculo de consumo de combustível – Parte I	23
Tabela 3 -	Cálculo de consumo de combustível – Parte II	23
Tabela 4 -	Consumo médio diário	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	DEFINIÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO	13
2.1	Aplicação do sistema híbrido	14
3	EFICIÊNCIA DO SISTEMA HÍBRIDO	16
3.1	Condição de Bollard Pull	17
3.1.1	<i>Margem de caixa redutora</i>	18
3.1.2	<i>Potência requerida na condição de bollard pull</i>	18
3.2	Condição de Velocidade de Serviço	19
3.2.1	<i>Margem de mar</i>	20
3.2.2	<i>Potência requerida na condição de velocidade de serviço</i>	20
4	CONFIGURAÇÕES DO SISTEMA HÍBRIDO	21
4.1	Consumo de combustível no sistema híbrido	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

As embarcações mercantes hoje empregadas na navegação e no apoio marítimo usam como combustível derivados de origem fóssil em suas instalações propulsoras e sistemas auxiliares. Considerando o crescimento mundial da frota hoje, podemos avaliar a degradação do meio ambiente que representa o emprego destes combustíveis. A predominância de um projeto de determinada instalação é o resultado de uma análise técnica e econômica entre as diversas alternativas disponíveis.

Os avanços tecnológicos existentes hoje em dia fazem com que existam diferentes tipos de sistemas propulsivos, e isso proporciona uma redução no consumo de combustível, redução nos impactos ambientais, simplificam tanto o projeto quanto a construção, torna a utilização dos espaços a bordo melhor aproveitados, além de melhorar o ambiente de trabalho da tripulação, com a diminuição de vibrações e ruídos.

O presente trabalho realizado tem como objetivo demonstrar o quanto uma boa escolha de sistema propulsivo pode influenciar num projeto inteiro de uma embarcação, tornando-o mais econômico do ponto de vista operacional além de mais rentável e competitivo frente ao mercado internacional. O sistema híbrido de propulsão ainda é relativamente pouco conhecido e pouco utilizado no transporte marítimo comercial, também conhecido como sistema diesel-elétrico-mecânico (DEM). Este sistema se mostra uma alternativa bastante interessante para embarcações cujo perfil operacional alterne momentos de alta e de baixa demanda de potência propulsiva, de embarcações que precisem de grande redundância de propulsão, mas nas quais a utilização de propulsão diesel-elétrica não seria eficiente, e de embarcações que possuam mais de um perfil operacional distinto.

O sistema híbrido atualmente possui um grande potencial de utilização especialmente devido à maior disseminação de sistemas de controle eletrônico embarcados. Este sistema combina os benefícios da propulsão diesel-mecânica e a propulsão diesel-elétrica, de forma a trabalhar sempre com a maior eficiência possível. Na navegação comercial um tipo de sistema híbrido já vem sendo utilizado ultimamente em algumas embarcações especiais como navios que necessitam notação de classe de propulsão redundante, como forma de dispositivo emergencial

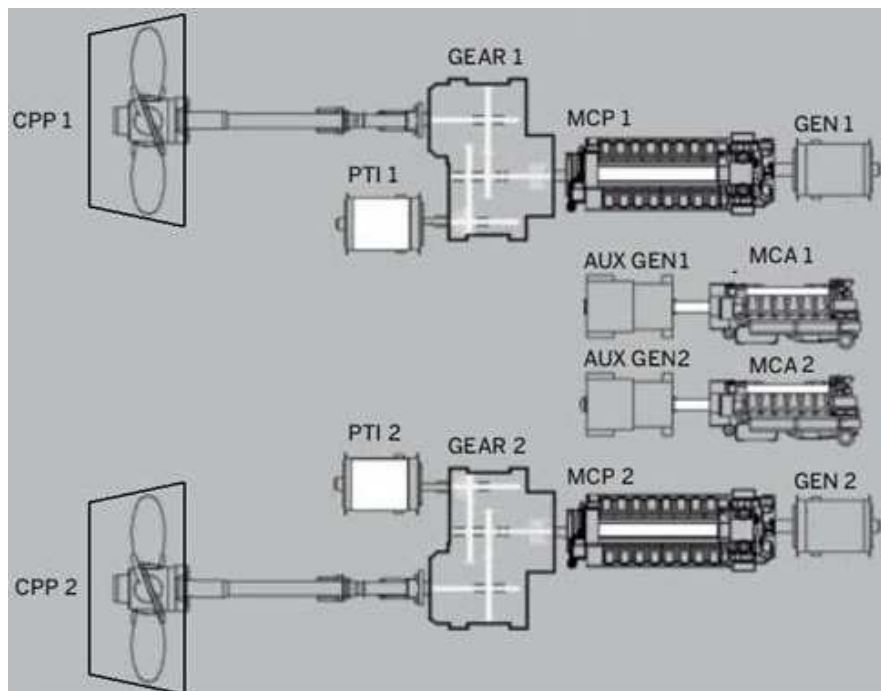
de propulsão e governo, em que os grupos geradores de bordo podem alimentar a propulsão principal através da inversão do gerador de eixo, que passa a atuar como motor elétrico. Então, não se trata de um sistema novo, ou de uma inovação tecnológica revolucionária, mas de um sistema que já existe.

2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO

O que pode definir um sistema propulsor como híbrido é a possibilidade de se operar em modos de geração ou utilização de potência de forma distinta ou combinada, que podem ser utilizados normalmente; ou seja, sem que seja uma operação de emergência. Quando temos uma embarcação que possui uma operação com dois perfis muito diferentes, é um grande exercício se determinar qual é o sistema propulsor mais adequado. O sistema híbrido é uma possibilidade de se combinar o melhor de dois sistemas distintos, o diesel-mecânico, e o diesel-elétrico, possibilitando à embarcação operar de forma eficiente em um cenário relativamente complexo.

O sistema híbrido será composto por duas linhas de eixo, sendo que cada uma delas possui um propulsor de passo controlável (CPP) e uma caixa redutora (GEAR). Há duas entradas para esta caixa redutora, uma com um motor diesel principal (MCP), e outra com um motor elétrico (PTI). Há ainda um gerador de eixo principal (PTI) ligado diretamente ao motor principal e um gerador auxiliar (AUX GEN) ligado a cada motor auxiliar, responsáveis pela geração de energia nas diferentes operações. A figura seguinte ilustra os equipamentos citados acima.

Figura 1 - Sistema híbrido



Fonte: Wartsila.

2.1 Aplicação do sistema híbrido

Em navios de suporte a plataforma a capacidade total do motor deve ser dimensionada para atingir a velocidade de serviço solicitada pela embarcação, ou a capacidade de posicionamento dinâmico, nas piores situações meteorológicas possíveis. Como a maioria das novas embarcações *supply* são classificadas como *Dynamic Position 2* (DP 2), ou seja, com necessidade de redundância de seus equipamentos, a Potência total instalada pode ser muito maior que a requerida para cargas médias.

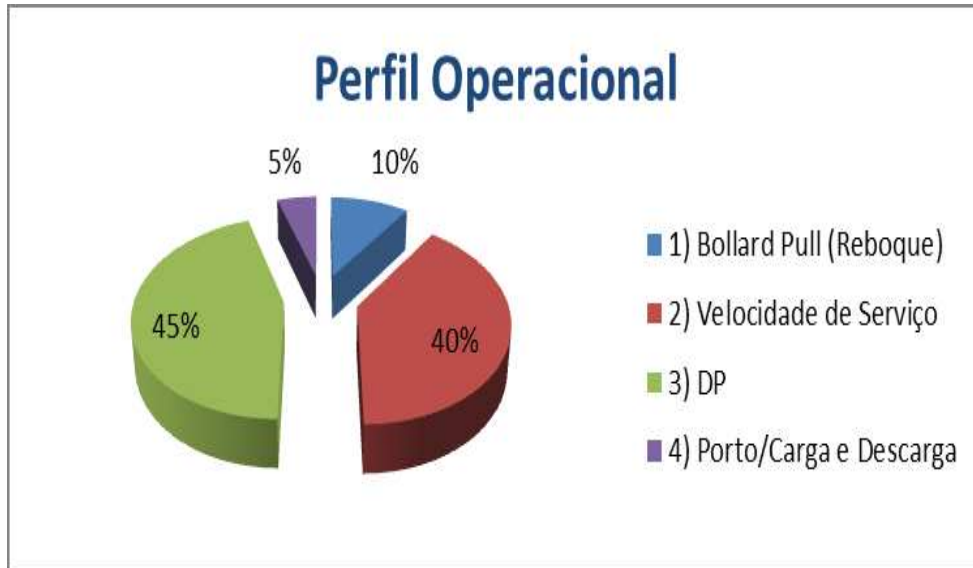
Até pouco tempo atrás quase todos os navios do tipo *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) eram construídos com sistema propulsivo do tipo diesel mecânico, devido ao foco primordial da embarcação que é o *bollard pull*, capacidade de tração estática, característica necessária para as atividades operacionais de reboque.

O sistema híbrido foi sendo estudado como uma possível solução para esses navios, que por possuírem um diversificado perfil operacional possuíam grande desperdício de energia. Um fator importante do estudo foi que os custos de construção adicionais eram mais baixos quando comparados com os benefícios gerados, como a economia de combustível inerente a esse sistema. Foi uma forma escolhida por projetistas de aliar as melhores qualidades do diesel mecânico com o diesel elétrico, afim de com isso evitar o consumo excessivo de combustível em embarcações com perfis operacionais com atividades distintas, que exigem diferentes níveis de energia.

Esse sistema permite uma 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 dos motores e geradores resulta em maior eficiência energética e economia de combustível.

A primeira etapa para se iniciar os cálculos de consumo de combustível para os diferentes tipos de sistema propulsivo foi a escolha de um perfil operacional típico para a embarcação em questão atuando na Bacia de Campos. Como se trata de uma embarcação AHTS, as atividades típicas, bem como o tempo em cada uma, podem ser observadas na figura 2 a seguir. Pode-se perceber que a embarcação em questão permanece 10% de seu tempo em reboque, 40% em viagem, 45% em DP (atividades de ancoragem) e 5% no porto e em atividades de carga e descarga.

Figura 2 - Gráfico do perfil operacional de uma embarcação AHTS



Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

3 EFICIÊNCIA DO SISTEMA HÍBRIDO

Uma vez definido o perfil operacional da embarcação podemos, agora, definir os equipamentos que constituem nosso sistema propulsivo híbrido. Definidos os equipamentos que farão parte do sistema propulsivo, devemos possuir as dimensões e características da embarcação que queremos trabalhar. As dimensões principais do AHTS deste estudo são as seguintes: LOA = 88m, Lpp = 79m, B = 21.5m, T = 7m, D = 9m, Bollard Pull = 250t, DWT = 3000t e Cb = 0,7.

Com as dimensões da embarcação podemos, através do método proposto por “J. Holtrop e G.G.J. Mennem, 1984”, calcular a resistência ao avanço que o sistema propulsivo deve ser capaz de vencer quando navegando em velocidade de serviço, ou seja, 12 nós. O cálculo de tal parâmetro se faz importante uma vez que o consumo de combustível é diretamente relacionado a essa resistência.

Através de cálculos específicos podemos perceber que a resistência ao avanço encontrada para embarcação foi de 133,5 KN. Esse valor será utilizado adiante para a seleção do propulsor e potência requerida para propelir o navio. Devemos escolher então o propulsor que será utilizado na embarcação e, com ele, selecionar o motor necessário, que atenda a condição de tração estática definida de 250 toneladas, que é o equivalente a 1225,6 KN para cada propulsor. Esse valor mostra que, ao atender a condição de tração estática, a condição de velocidade de serviço será satisfeita, isto devido ao fato do *bollard pull* requerido (250 t) ser muito maior que o empuxo requerido em viagem.

Para seleção do propulsor devemos satisfazer os critérios de empuxo requerido seja maior ou igual ao empuxo disponível e satisfazer o critério de cavitação. Outro critério importante na escolha do propulsor, para navios do tipo AHTS, é a avaliação da capacidade de tração estática, ou seja o *bollard pull*, que é a propulsão teórica atingida a uma velocidade de avanço nula e uma rotação (RPM) plena do motor. Os propulsores selecionados deverão ser capazes de fornecer, 250 toneladas de *bollard pull* em total, ou seja, cada propulsor deverá fornecer 125 toneladas para este exemplo que seguiremos.

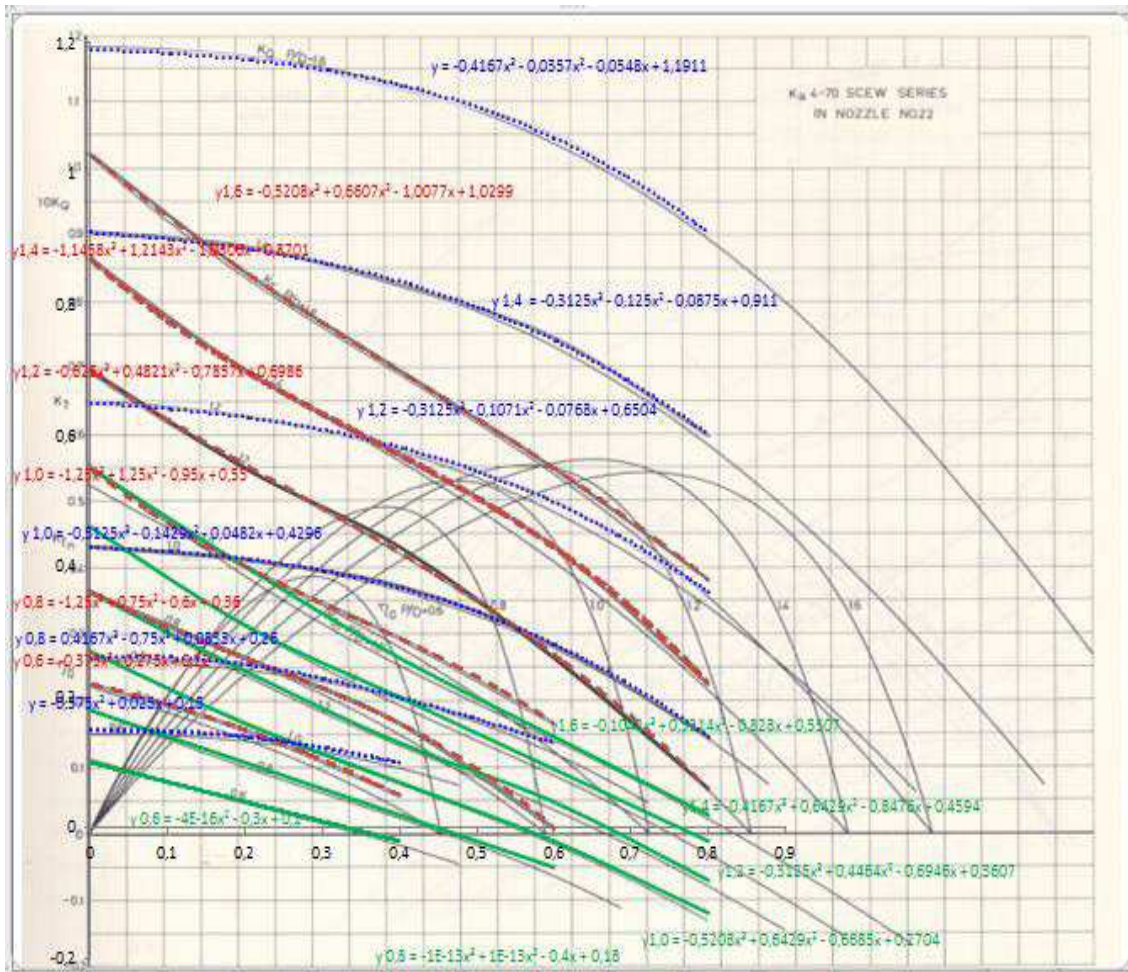
Como exemplo para este estudo o diâmetro máximo do propulsor foi definido como sendo dois terços do calado máximo a ré, ou seja, igual a 4,67m. Porém por problemas de velocidade tangencial na extremidade do hélice, em

embarcações de apoio, optou-se por um diâmetro de 4,2 m.

3.1 Condição de *Bollard Pull*

Para análise da condição de bollard pull utilizou-se uma velocidade de serviço igual a zero. Com isso obtemos a velocidade de avanço nula. Os valores dos coeficientes de avanço, calculados através da velocidade de avanço, do diâmetro do propulsor e das rotações, também foram iguais a zero. A figura abaixo demonstra as curvas de K_t , K_q , K_{tn} , do propulsor Ka 4-70/22, que foram plotadas. Foram traçadas então linhas de tendência e obtidas equações para cada curva, e com isso para cada razão P/D e rotação foi obtido um K_t , um K_q e K_{tn} . O gráfico abaixo representa as linhas de tendência e as equações obtidas para o propulsor em questão, onde as curvas em verde são as curvas K_q , as em vermelho K_t e as em verde K_{tn} .

Figura 3 - Linhas de tendência.



Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

Para a seleção parcial do propulsor para condição de *bollard pull*, devemos calcular a potência entregue pelo motor que chega ao propulsor, através do torque calculado para cada rotação especificada. O propulsor escolhido como exemplo foi aquele com empuxo disponível maior que o empuxo requerido em *bollard pull* para cada propulsor (Treq= 1225,6KN), com menor Burning Horse Power (BHP), configurando assim o propulsor mais eficiente. Percebe-se que o propulsor para condição de *bollard pull* que obteve menor BHP e Empuxo maior que o requerido nessa condição foi o propulsor que possui as seguintes características: Diâmetro Máximo - $D_{m\acute{a}x} = 4,2m$; Número de Pás = 4; Tipo de Tubulão = 22; Razão de Área = 0,7; Rotação - $N = 200 \text{ rpm}$; Razão Passo/Diâmetro (P/D) = 0,8; Potência Produzida pelo Motor – BHP=8715,189 HP.

Na condição de *bollard pull* a única margem aplicada será a de caixa redutora tendo em vista que a potência obtida nessa condição é uma potência teórica, que depende da região onde o teste foi efetuado.

3.1.1 Margem de caixa redutora

A margem de caixa redutora tenta compensar a perda de potência no eixo do propulsor devido ao uso da caixa redutora para reduzir o número de rotações entregue ao propulsor. Costuma-se usar para essa margem 5% a mais de potência. Para exemplificar, a nova potência foi calculada especificamente e obtido o resultado de 9150,9 HP e a rotação obtida pela expressão específica foi 203 RPM. Portanto a potência instalada necessária na embarcação para atender a condição de *bollard pull*, que será utilizado mais a frente na seleção dos motores principais do sistema propulsivo, é 13.647,7 KW.

3.1.2 Potência requerida na condição de *bollard pull*

Sendo nesta condição a potência requerida em *bollard pull* de 13647,72KW, os motores elétricos serão responsáveis por gerar a uma parte dessa potência requerida. Essa potência será igual a necessária na condição de velocidade de serviço, a qual foram dimensionados. Sendo a potência fornecida pelos motores elétricos igual a 4324,6KW, então a potência requerida nos motores principais será de 9323,12 KW. Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir

essa potência requerida devido às perdas na transmissão, sendo assim o valor obtido é 9602,81KW. Com essa potência total requerida nessa condição podemos selecionar os motores principais necessários para suprir essa demanda. Os motores principais selecionados foram da marca Wartsila, neste projeto foram selecionados dois motores principais modelo 9L32 com potência de 5220KW cada.

3.2 Condição de velocidade de serviço

Para analisar essa condição foi necessário calcular o empuxo requerido (T_{req}), a partir da resistência total (R_t) e do coeficiente de redução propulsiva (t), que foram obtidos anteriormente, o resultado obtido através de cálculos específicos foi: $T_{req} = 159,9$ KN. Como o Sistema é Híbrido e os propulsores são de passo controlado, fixou-se a rotação obtida na condição de *bollard pull* e variou-se o passo do hélice. Com isso foram feitos novos cálculos para os coeficientes de avanço (J), com rotação do propulsor fixa de 200 rpm e diâmetro de 4,2m. Onde a velocidade de avanço é obtida a partir da velocidade de serviço da embarcação ($V_s = 12$ nós = 6,17 m/s) e do coeficiente de esteira ($w = 0,158$). Onde $V_a = 5,192$ m/s.

Análogo à condição de *bollard pull* os valores de K_t , K_q e K_{tn} foram obtidos. Com os valores do coeficiente de empuxo (K_t) para cada coeficiente de avanço (J) calculado, pode-se determinar o empuxo disponível (T_{disp}) oferecido por cada propulsor estudado. Feito isso podemos comparar o empuxo requerido ($T_{req} = 159,94$ KN) e o empuxo disponível (T_{disp}), considerando que o número de propulsores a serem utilizados seja igual a dois.

Os valores a seguir demonstram os propulsores estudados para o caso da embarcação em viagem. O propulsor escolhido foi aquele que obteve maior eficiência em águas abertas quando $V = 12$ nós; $R_t = 133,51$ Kn; $w = 0,158832$; $t = 0,165322$; $T_{req} = 159,9493$ KN e $V_a = 5,192807$ m/s.

Tabela 1 - Cálculo de potência

Cálculo de Potência										
P/D	RPM	J	K_t	K_{tn}	$10 \cdot K_q$	no(%)	T [kN]	Q [kN]	DHP	BHP
1,0	200	0,4	0,306	0,084	0,376	0,612	1382,58	559,8204757	23449,70525	2521,473683

O propulsor escolhido possui, portanto um passo controlado com relação Passo/Diâmetro de 0,8 a 1,0.

Na condição de velocidade de serviço a margem utilizada será a de mar.

3.2.1 Margem de mar

A margem de mar considera as características do mar em que se opera, possíveis rugosidades do casco e incrustações. Esta margem é aplicada a potência e rotação no intervalo de 10% a 25%. Foi adotado, uma margem de 15% devido às características de operação e rota da embarcação. Para este exemplo a nova potência foi calculada e o resultado obtido foi 2899,69 HP, e a rotação obtida foi 210 RPM. Portanto a potência requerida em viagem será 4.324,6 KW.

Devemos agora estimar a potência requerida para o sistema de posicionamento dinâmico (DP) da embarcação. Essa potência será utilizada para selecionar os motores auxiliares do sistema propulsivo.

Para obter essa potência requerida em DP, foram levadas em consideração cargas ambientais de onda, corrente e vento que estarão incidindo na embarcação enquanto ela estiver operando na região pré-estabelecida. Esse estudo seguiu a recomendação prática específica, através da qual foi possível calcular as forças de vento, corrente e onda atuantes no navio. A potência lateral fornecida pelos impelidores deve ser a soma da força do vento, da corrente e da onda.

3.2.2 Potência requerida na condição de velocidade de serviço

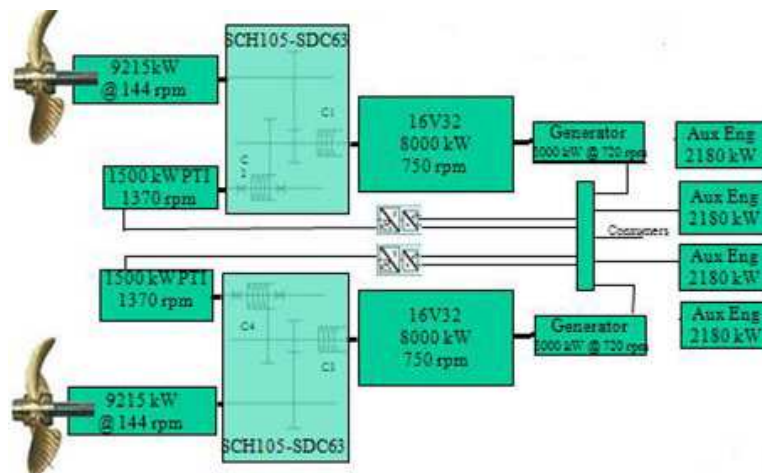
Sendo a potência requerida em velocidade de serviço igual a 4324,6KW e a demanda elétrica requerida igual a 1175,52KW, os geradores de eixo selecionados foram dois de 600KW cada, e funcionarão através do acionamento dos motores elétricos acoplados a caixa redutora. Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os geradores auxiliares necessários para suprir essa demanda, neste projeto foram selecionados dois motores auxiliares da marca Wartsila modelo 9L26 com potência de 3060 KW cada.

4 CONFIGURAÇÕES DO SISTEMA HÍBRIDO

Neste capítulo vamos demonstrar as configurações possíveis para um sistema híbrido nas mais importantes operações da embarcação, a seguir:

- a) **Configuração de *Bollard Pull***: os dois motores principais acoplados; os dois motores elétricos acoplados; os dois geradores de eixo ligados; e os quatro geradores auxiliares ligados.

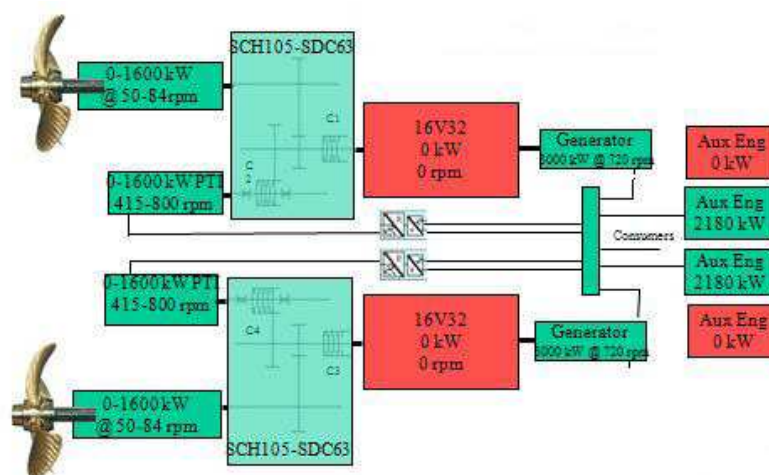
Figura 4 - Configuração de *bollard pull*



Fonte: Wartsila.

- b) **Configuração de velocidade de serviço**: os dois motores principais desligados; os dois motores elétricos acoplados; os dois geradores de eixo ligados; e os dois geradores auxiliares acionados.

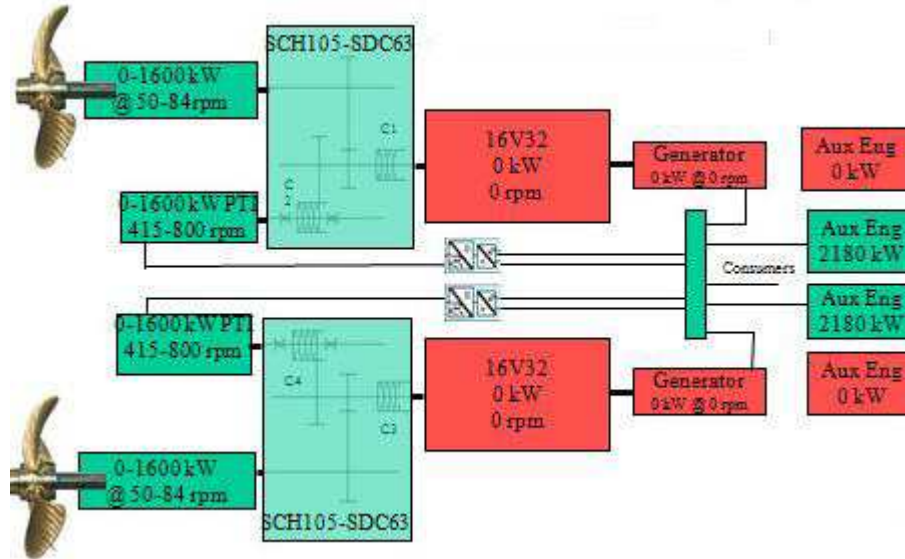
Figura 5 - Configuração de velocidade de serviço



Fonte: Wartsila.

- c) **Configuração de Posicionamento Dinâmico:** os dois motores principais desligados; os dois geradores de eixo desligados; os dois motores elétricos acoplados; e os dois geradores auxiliares ligados.

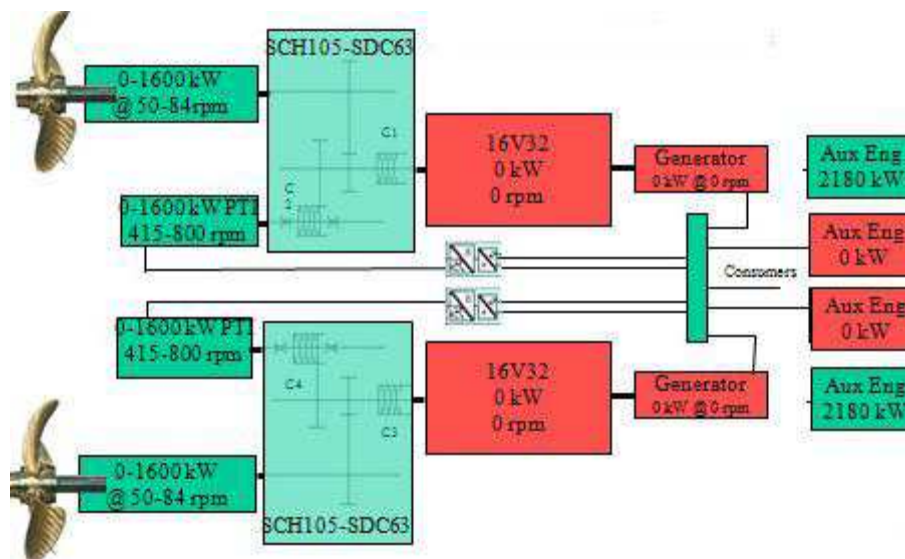
Figura 6 - Configuração de posicionamento dinâmico



Fonte: Wartsila.

- c) **Configuração de Porto - Carga e Descarga:** apenas dois geradores auxiliares ligados.

Figura 7 - Configuração de Porto



Fonte: Wartsila.

4.1 Consumo de combustível no sistema híbrido

É necessário calcular o Custo Médio Diário de Combustível e, conseqüentemente, o Custo Operacional Diário da embarcação em questão. O cálculo de consumo em cada operação foi feito levando-se em consideração o tempo que a embarcação fica naquela determinada atividade, bem como a porcentagem de potência necessária de cada equipamento para cada operação. O cálculo efetuado visualizado na tabela abaixo:

Tabela 2 - Cálculo de consumo de combustível – Parte I

	MCP	MCA1	MCA2	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
1) Bollard Pull (Reboque)	92%	97%	92%	10%	337.004,46
2) Velocidade de Serviço	0%	97%	0%	40%	443.757,19
3) DP	0%	67%	0%	45%	343.270,23
4) DP (passo zero):	14%	12%	0%	0%	0,00
4) Porto	0%	0%	48%	5%	14.966,26

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

Tabela 3 - Cálculo de consumo de combustível – Parte II

$$\begin{aligned} \text{Consumo BP} &= (92\% * 10\% * \text{Consumo MCP}) + (97\% * 10\% * \text{Consumo MCA1}) \\ &+ (92\% * 10\% * \text{Consumo MCA2}) = 337004,46 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo VS} &= (0\% * 40\% * \text{Consumo MCP}) + (97\% * 40\% * \text{Consumo MCA1}) \\ &+ (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA2}) = 443757,19 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP} &= (0\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (67\% * 45\% * \text{Consumo MCA1}) \\ &+ (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA2}) = 343270,23 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Pt.} &= (0\% * 5\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 5\% * \text{Consumo MCA1}) \\ &+ (48\% * 5\% * \text{Consumo MCA2}) = 14966,26 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Onde: Consumo MCP = 176g/KWh x 10440KW (Potência MCP's) = 1837440 g/h

Consumo MCA1 = 187g/KWh x 6120KW (Potência MCA1's) = 1144440 g/h

Consumo MCA2 = 187g/KWh x 3330KW (Potência MCA2's) = 622710 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Tabela 4 - Consumo médio diário

Consumo Médio Diário de Combustível	27,336	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	24.665,76	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Comb. Diário} = \left(\sum \text{Cons. BP} + \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} = 27,3t$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 27,3t * 941 * \frac{350}{365} = 24665,76 \text{ US\$}$$

Onde o preço do óleo diesel utilizado nos motores foi obtido através de pesquisa, e o valor que será considerado para todos os cálculos em questão, será o do dia da pesquisa (20/10/2014), conforme mostra a imagem abaixo:

Figura 8 - Valor do óleo diesel marítimo



Bunker Index MDO
Index Code/Abbreviation: BIX MDO

Date	Price \$/MT	+/-	Low	High
2014-10-20	940.99	↑ +3.77	750.00	1003.00

Fonte: Bunker Índex.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para completar este estudo, seria necessário que os resultados numéricos encontrados fossem comparados com os resultados experimentais de navios reais que operassem com o mesmo perfil operacional e mesma configuração de sistema propulsivo. Com isso, poder-se-ia comprovar a eficiência do método utilizado para encontrar os valores de consumo e custo de combustível e conseqüentemente de custo operacional para essas embarcações. Porém, com a experiência profissional em embarcações de diversos tipos de propulsão, foi possível constatar que o sistema híbrido é mais eficiente do que o sistema diesel mecânico, e com ele é possível melhorar o rendimento das embarcações deste tipo.

O presente estudo possibilitou perceber a real influência, quantitativa e qualitativamente da escolha adequada do sistema propulsivo em embarcações de apoio marítimo. Foi possível mensurar a importância do sistema propulsivo no custo operacional de uma embarcação. Vale ressaltar que para uma mesma embarcação, com o mesmo perfil operacional, com as mesmas dimensões, o custo com combustível pode ser completamente diferente, variando de acordo com a configuração do sistema propulsivo e da potência empregada por seus equipamentos em cada atividade do navio.

Portanto conclui-se que um estudo preliminar de escolha de sistema propulsivo levando-se em consideração a missão da embarcação, área de atuação e perfil de operacional da mesma se mostra de grande utilidade na diminuição de custos operacionais, tornando-a mais lucrativa e competitiva frente ao mercado de afretamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, Renato. O sistema híbrido de propulsão como uma alternativa viável aos sistemas diesel-elétrico e diesel-mecânico. Disponível em: <http://www.ipen.org.br/maquinas_maritimas/TF120.pdf>. Acesso em: 21 set. 2014.

BUNKERINDEX. Disponível em: <<http://www.bunkerindex.com/prices/lamerica.php>>. Acesso em: 20 out. 2014.

COELHO DE SOUZA, Felipe Arcoverde. Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e Híbrido para embarcações de Apoio a Plataformas. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/10016571.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2014.

VALLE FILHO, Gilberto Dória do. Avaliação das Instalações de Máquinas em Navios Visando Redução de Uso de Combustível Fóssil. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/10007529.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2014.

VALOR ECONÔMICO. Grupo DOF ASA investirá US\$ 500 milhões em atividades de apoio marítimo. Disponível em: <<http://www.petronoticias.com.br/archives/077>>. Acesso em: 21 set. 2014.

WARTSILA. Marine Products. Disponível em: <<http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/products>>. Acesso em: 25 out. 2014.