

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA NOVO SISTEMA DE PROPULSÃO DE LANCHAS ESCOLARES

Kelvin Alves Pinheiro, kelvin_alves@hotmail.com
Gelson Ferreira da Silva Neto, gelsonsilvaneto2@hotmail.com
Sérgio de Souza Custódio Filho, engsergiocustodio@gmail.com
Sinfrônio Brito Moraes, sbrito@ufpa.br
Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal 479. Belém-PA, Brasil.

Resumo: No Programa Caminhos da Escola, criado pelo Governo Federal em 2009, verificou-se que aproximadamente 180 mil estudantes do ensino público residentes nas regiões ribeirinhas da Amazônia, usualmente, seguiam para a escola em barcos artesanais a remo, frágeis e vulneráveis à colisão com outras embarcações de maior porte. Por meio desse programa foram construídas lanchas escolares à gasolina e à diesel, destinadas a diversas prefeituras da região amazônica. Contudo, várias reclamações surgiram quanto ao alto consumo de combustível das lanchas movidas à gasolina, e como consequência muitas dessas lanchas não estão sendo utilizadas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou definir o melhor sistema de propulsão para as lanchas escolares que resultasse em um baixo consumo de combustível, mas sem reduzir a eficiência no transporte realizado pelas lanchas. Com o intuito de se determinar a potência ideal para o novo motor, o software MAXSURF foi utilizado para determinar a resistência total ao avanço através do método de Savitsky para embarcações em pré-planeio. Uma verificação experimental de consumo de combustível foi utilizada para comparar os motores à gasolina e à diesel usados em lanchas escolares. Também foi feita uma pesquisa de mercado para os prováveis motores substitutos a fim de obter algumas características técnicas. Para a comparação das alternativas foi feita uma análise considerando o tempo de retorno que o valor economizado com um menor gasto com combustível seria capaz de saldar o investimento feito. Na análise dos custos de consumo com combustíveis e tempo de retorno financeiro, o motor centro-rabeta de 150 hp de potência apresentou um tempo de retorno de 0,8 anos para 4 viagens diárias em um trecho de 19,1 km de distância. A substituição do novo sistema nas lanchas escolares à gasolina proporciona um menor gasto financeiro com combustível (motivo das reclamações) além de possibilitar a reutilização das lanchas que estão inativas permitindo uma melhor qualidade de vida para a população ribeirinha amazônica.

Palavras-chave: lancha escolar, seleção de motores, sistemas de propulsão, consumo de combustível.

1. INTRODUÇÃO

A partir da assinatura, no ano de 2009, do Acordo de Cooperação entre o Ministério da Defesa por meio da Marinha do Brasil e o MEC por intermédio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), a Base Naval de Val-de-Cães recebeu a encomenda para confeccionar, até o final de 2012, um total de 374 Lanchas Escolares (LE), destinadas a diversas prefeituras da região amazônica (Brasil, 2015; Barros, 2013). Nessa primeira encomenda foram fabricadas somente lanchas com propulsão à gasolina, posteriormente em outras encomendas, lanchas à diesel. O Programa Caminhos da Escola criado pelo Governo Federal, verificou que aproximadamente 180 mil estudantes do ensino público residentes nas regiões ribeirinhas da Amazônia, usualmente seguiam para a escola em barcos artesanais a remo, frágeis e vulneráveis à colisão com outras embarcações de maior porte, tendo ainda sido registrado a constante utilização de “barqueiros” contratados pelas prefeituras locais que realizam um serviço precário, desconfortável, inseguro e demorado. Com essas condições, os estudantes chegam às salas de aula desmotivados e desgastados, levando à alta evasão escolar na região (Barros, 2013).

As lanchas escolares à gasolina, Fig. 1, são construídas em alumínio naval (ASTM 5052), com 7,30 m de comprimento, 2,20 m de boca molhada, 1 m de pontal, 0,35 m de calado com 1200 kg de deslocamento leve de projeto. Essas lanchas possuem itens de segurança como coletes salva-vidas, extintor de incêndio, luzes de navegação e rádio

comunicador e podem transportar até 20 pessoas, incluído um lugar para portadores de necessidades especiais (Brasil, 2009; Brasil, 2012).



Figura 1. Lancha escolar (LE) (Gazzeta, 2013).

As lanchas escolares à gasolina são equipadas com motor de popa com potência nominal de 90 hp e faixa de rotação máxima entre 5000 e 6000 rpm. É um motor de 4 tempos com 4 cilindros em linha trabalhando com uma taxa de compressão de 8,9. Possui massa de 172 kg e um consumo máximo segundo o fabricante de 30 l/h à 5500 rpm (Yamaha Náutica, 2015). Várias reclamações surgiram quanto ao alto consumo de combustível desses motores. Muitas prefeituras alegam que essas lanchas são antieconômicas e por isso preferem deixá-las paradas. A realidade é que muitas dessas lanchas não estão sendo utilizadas, enquanto as crianças continuam sujeitas às piores condições de transporte até suas escolas. Na continuidade do programa foram disponibilizadas pelo FNDE um segundo projeto de lanchas utilizando motores diesel, mas várias lanchas a gasolina já haviam sido construídas.

Surge então a necessidade de estudar a substituição desse sistema por outro que utilize o diesel como combustível, como forma de reutilizar as lanchas à gasolina existentes. Dessa forma, o presente trabalho visa definir o melhor sistema de propulsão para as lanchas escolares que resulte num baixo consumo de combustível, mas que não reduza a eficiência no transporte realizado pela lancha.

2. SISTEMAS DE PROPULSÃO EM LANCHAS

A escolha do sistema de propulsão adequado depende de características como o formato e comprimento do casco, do calado, do deslocamento e da região de navegação onde a embarcação irá atuar. Existem quatro tipos mais comuns de sistemas de propulsão marítima para lanchas comercializados no mercado nacional, o sistema por motor de popa, motor de centro, motor de centro-rabeta e hidrojato (Fs Yachts, 2014b).

O motor de popa, Fig. 2a, é acoplado externamente à lancha sendo instalado no espelho de popa, parte traseira da lancha. Sua faixa de potência está entre 3 e 350 hp, normalmente utilizando gasolina. É indicado para lanchas de até 8 metros (26 pés) (Fs Yachts, 2014b). Além de possuir uma excelente relação peso/potência que contribui para uma melhor performance, entre os sistemas para lancha este é o mais leve, geralmente o motor de popa é 25% mais leve que um centro-rabeta de mesma potência. É de fácil instalação e também permite um fácil acesso ao motor, facilitando revisões e paradas para a manutenção. Seu custo de aquisição e manutenção é menor (Bombarco, 2015), o valor do motor de popa é em média 50% menor quando comparado com um motor de centro de mesma potência. Ele também dispensa a necessidade de furar o casco para a passagem do sistema eixo-hélice reduzindo os riscos de infiltração de água na lancha. Os motores de popa são mais ruidosos quando comparados com os de centro ou centro-rabeta, já que os últimos geralmente estão enclausurados. Eles também exigem tanques de combustíveis maiores para garantir a mesma autonomia de um motor a diesel.

Motor de centro é um sistema interno à embarcação, acoplado a um eixo e hélice externos que permanecem abaixo da linha d'água como mostrado na Fig. 2b. Sua faixa de potência está compreendida entre 12 e 20.000 hp e utiliza o diesel como combustível (Fs Yachts, 2014b). São mais utilizados em lanchas acima de 12 metros (40 pés). Excelente para embarcações que ficam em vagas molhadas, pois todos os componentes vulneráveis à corrosão são internos, ficando somente o hélice e leme na parte externa. Eles são mais resistentes e duráveis por serem construídos em ligas metálicas especiais para suportar a maiores pressões nos cilindros (Dottori, 2014). Embora mais caros, os motores a diesel são, em média, 40% mais econômicos do que os movidos a gasolina. Por ser mais robusto e necessitar de outros dispositivos, como redutor, eixo, etc., ocupa um maior espaço na lancha além de ser mais pesado. Ele também transmite ao casco uma maior vibração quando comparado com o motor de popa.

O sistema centro-rabeta é um mix dos sistemas anteriores, o motor é instalado na parte interna da lancha e sua rabeta é instalada externamente na popa da lancha como apresentado na Fig. 2c. A faixa de potência varia de 135 a 430 hp. O combustível utilizado pode ser a gasolina ou diesel, este tipo de sistema é indicado para lanchas de 7 a 12 metros (24 a 40 pés). O motor é instalado no fundo do casco possibilitando um melhor equilíbrio na distribuição do peso a bordo da embarcação, o que proporciona uma melhor estabilidade, além de também aumentar significativamente o espaço útil da lancha. Esse sistema é mais silencioso que um motor de popa, pois o motor que é o responsável pela maior parte da geração dos ruídos está localizado na parte interna da lancha (Fs Yachts, 2014a). O sistema de propulsão centro-rabeta possui um custo de aquisição e de manutenção relativamente alto. Possui um acesso limitado ao motor, já que

frequentemente está instalado em uma pequena praça de popa, eles são mais pesados e necessitam de mais potência para alcançar a mesma performance de velocidade que com um motor de popa.

No sistema de propulsão por Hidrojato, Fig. 2d, a força propulsiva é obtida pela descarga de um jato de água à popa da embarcação por um impulsor interno (Trindade, 2012). Ele capta a água por uma abertura no fundo do casco acelerando-a e direcionando-a através de um duto localizado no espelho de popa. Sua faixa de potência é de 200 a 300 hp. São movidos somente a gasolina e indicado para lanchas acima de 6 metros (20 pés) e velocidades acima de 10 m/s (20 nós). O sistema por Hidrojato possibilita navegar em águas mais rasas, dada a ausência de hélice. Ele também possui rápida resposta à aceleração. Como desvantagens esse sistema perde dirigibilidade em baixas velocidades, devido ser direcionado pelo impulsor que estará enviando um menor fluxo de água através do duto. Seu custo é elevado e por operar em rotações altas produz ruídos que podem irritar os ouvidos.

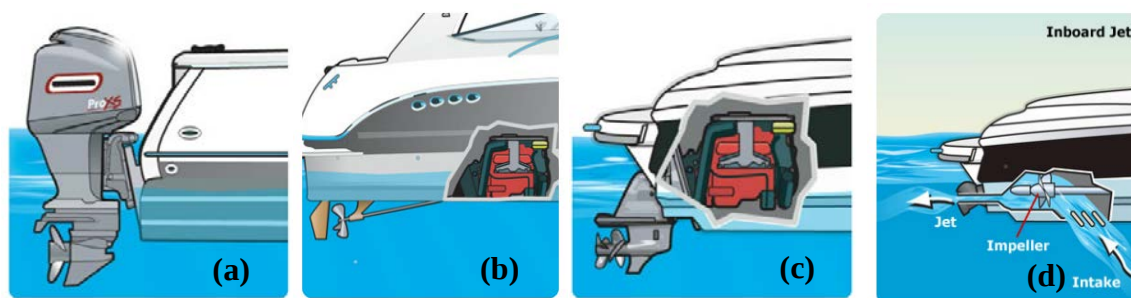


Figura 2. (a) Sistema de propulsão à popa, (b) Sistema de propulsão de centro, (c) Sistema de propulsão centro-rabeta e (d) Sistema de propulsão por Hidrojato (Fs Yachts, 2014b).

3. ANÁLISE DA RESISTÊNCIA AO AVANÇO

Para a determinação do motor adequado para ser utilizado em uma embarcação, um dos principais fatores a ser levado em consideração é a resistência total ao avanço a que a embarcação estará sujeita. Isto se dá pelo fato de que, com o valor desta resistência definido, a determinação da potência mínima necessária a ser entregue no propulsor da lancha pode ser obtida.

Visando determinar a resistência total a que a lancha estará sujeita, foi feito uso do software MAXSURF para modelagem do casco da embarcação. Esta modelagem é realizada para que a relação entre a geometria da embarcação e o meio em que ela trabalhará possa ser estudada. O software utiliza tecnologia NURB 3D para modelagem de superfícies e possui interface que permite importar e exportar arquivos para e de outros softwares como Rhinoceros e AutoCAD, facilitando assim, a análise da geometria da embarcação em questão.

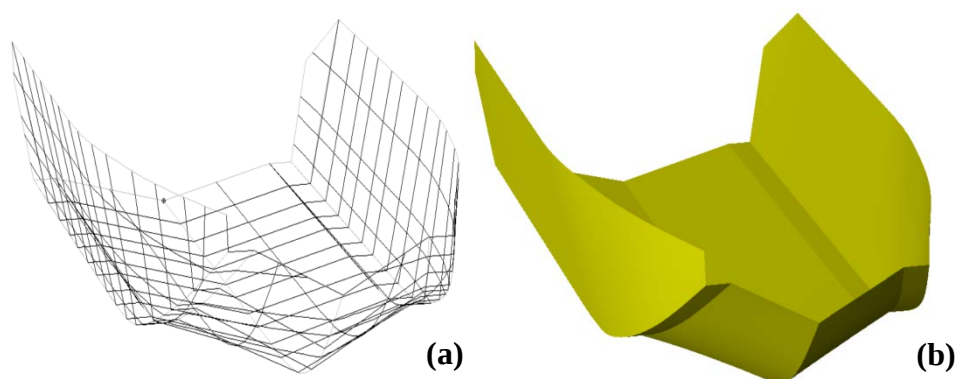


Figura 3. (a) Malha do casco em 3D. (b) Casco sólido.

Após a obtenção do modelo da lancha no MAXSURF o arquivo foi exportado para o software HULLSPEED (do pacote MAXSURF). Este programa permite estimar a resistência total ao avanço e a potência requerida para qualquer projeto do MAXSURF, usando apenas técnicas de predição padrões na indústria naval. Para realizar esta avaliação, fez-se necessário o regime de operação da embarcação: deslocamento, planeio ou até mesmo semi-planeio (semi-deslocamento). Estes regimes de operação são determinados tanto pelo número de Froude quanto pela geometria do casco. No caso da lancha escolar foram adotados dois regimes para melhor avaliação, o regime de planeio e o de semi-planeio (semi-deslocamento). Com isso, foram selecionados os métodos de Savitsky para ambos os regimes para predição da resistência total ao avanço e da potência, permitindo, assim, obter os gráficos de potência necessária e resistência ao avanço em função da velocidade como mostrados na Fig. 4, ambos considerando eficiência total propulsiva de 60%.

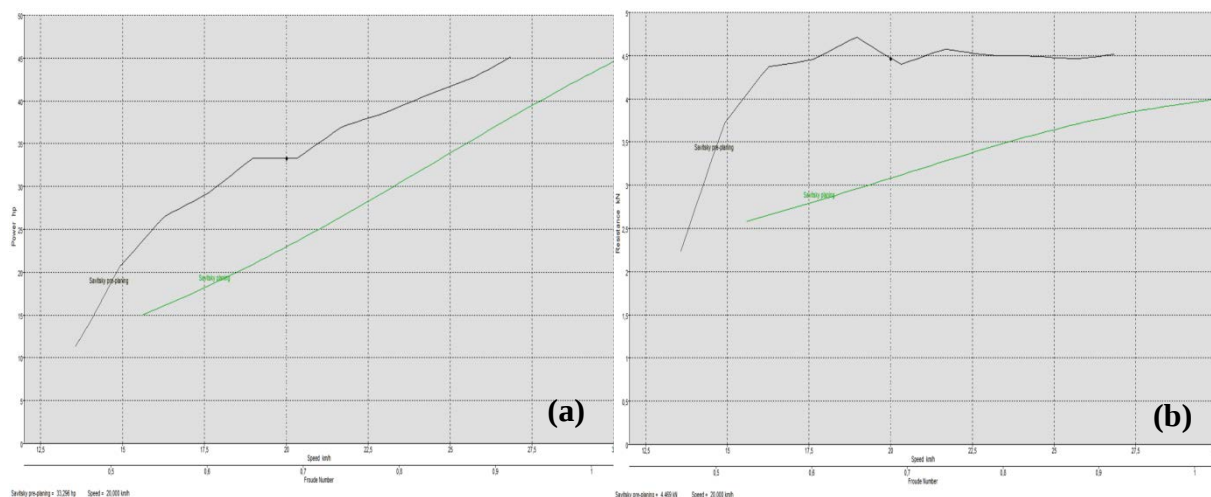


Figura 4. (a) Gráfico Potência x Velocidade | (b) Gráfico Resistência x Velocidade.

Com os gráficos de potência necessária e resistência ao avanço obtidos, foi possível elaborar o gráfico de potência efetivamente necessária do motor considerando as perdas de transmissão. Sendo assim, pela Fig. 4a a potência fornecida pelo motor para a velocidade máxima de 23 km/h é de aproximadamente 64 hp. Considerando as perdas de transmissão em torno de 30% conforme ressalta Soeiro *et al.* (2002), a potência de operação do motor deve ser em torno de 84 hp, conforme mostrado na Fig. 5, que mostra a potência já considerando as perdas.

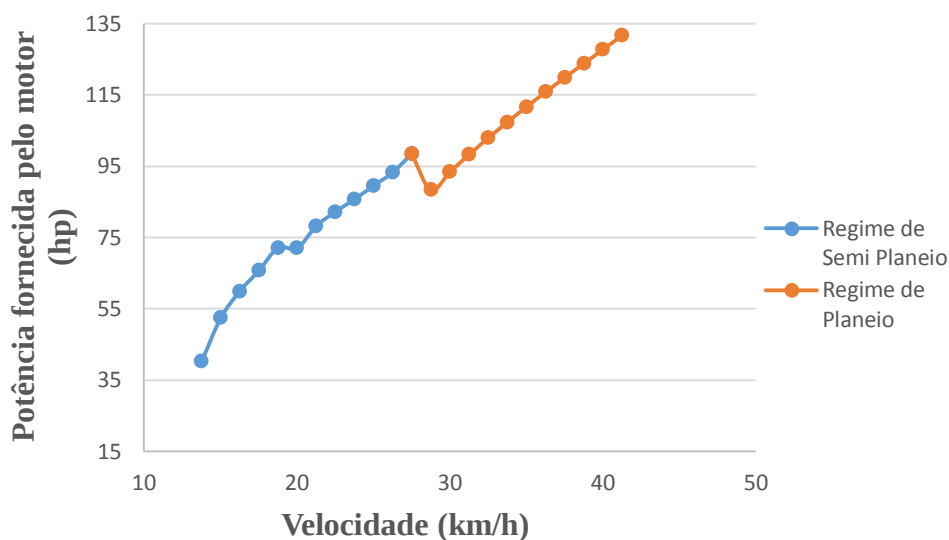


Figura 5. Potência em função da velocidade.

4. COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS

Foram comparadas seis alternativas. A primeira opção é não modificar a lancha, mantendo o sistema de propulsão (LG). A segunda opção é aquisição de um dos modelos de lancha escolar que já utiliza motor diesel (LD). Como terceira e quarta opção foram selecionados dois motores do tipo centro-rabeta (CR) disponíveis no mercado e dois motores de centro (C) como quinta e sexta. Vale ressaltar que os motores pré-selecionados foram definidos após uma pesquisa de mercado, na qual se buscou potências nominais próximas aos 84 hp de potência calculado na análise de resistência ao avanço. No caso dos motores centro-rabeta a menor potência encontrada no mercado nacional foi de 150 hp. O custo de instalação do sistema na lancha, baseado em proposta de um dos fornecedores, foi de R\$ 30.000,00 reais. A Tabela 1 apresenta algumas características das alternativas.

Tabela 1: Alternativas pré-selecionadas.

ALTERNATIVAS	POT. (hp)	DIMENSÕES CxLxA (m)	MASSA (kg)	CUSTO (R\$)	CUSTO ADAPTAÇÃO ESTIMADO (R\$)
LG	90	-	172	160.000,00	-
LD	74	-	449	210.000,00	-
CR-150	150	0,80x0,71x0,80	275	75.000,00	30.000,00
CR-170	170	0,84x0,84x0,75	358	115.000,00	30.000,00
C-74	74	1,0x0,67x0,865	449	60.000,00	30.000,00
C-82	82	0,89x0,62x0,74	380	45.000,00	30.000,00

Foi feita uma análise para se observar o tempo em que o valor economizado com um menor consumo de combustível seria capaz de compensar o investimento inicial, para tanto fez-se necessário, para cada opção, um parâmetro de consumo médio por distância percorrida, que para a lancha a gasolina (LG) e a lancha média a diesel (LD) foram usados a média dos valores obtidos no teste de consumo de combustível feita pela equipe técnica do projeto lanchas escolares conforme Anexo 23 de Brasil (2014). Para os motores de centro, a única informação disponibilizada pelos fabricantes é o consumo para uma rotação mediana, em torno de 2500 rpm.

Já para os dois motores centro-rabeta, o fabricante disponibiliza a informação potência e consumo para cada rotação, no entanto esse consumo é em função do tempo. Relacionando a informação do fabricante com os dados obtidos da resistência ao avanço, o parâmetro consumo por distância pôde ser determinado conforme Fig. 6.

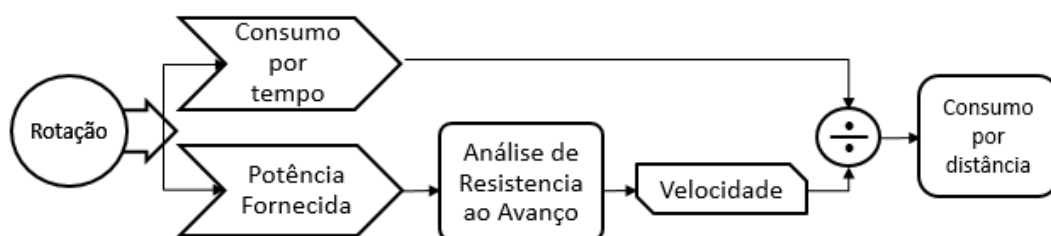


Figura 6. Determinação do parâmetro consumo por distância.

Os valores de consumo médio obtidos para os motores centro-rabeta são mostrados na Tab. 2. Adotou-se o consumo a 2000 rpm pois a partir dessa rotação já se atende a o requisito de 20 km/h de velocidade que é a velocidade de projeto da lancha atual. A Tabela 3 apresenta o valor de consumo por distância adotado para as seis alternativas analisadas.

Tabela 2: Consumo e velocidade em função da rotação para os centro-rabeta.

ROTAÇÃO (rpm)	POTÊNCIA (hp)		CONSUMO MÉDIO (l/h)		VELOCIDADE (km/h)		CONSUMO MÉDIO (l/km)	
	CR-150	CR-170	CR-150	CR-170	CR-150	CR-170	CR-150	CR-170
1500	48,8	55,4	2,3	3,5	15,1	15,7	0,15	0,22
2000	100,6	101,1	4,8	6,4	25,9	26,0	0,19	0,25
2500	124	125,7	8,1	11,1	34,1	34,5	0,24	0,32
3000	136	150,7	13,2	16,8	37,3	-	0,35	-
3500	143	166,9	21,0	24,5	39,2	-	0,54	-
4000	151,9	168,6	32,2	35,9	41,0	-	0,79	-

Tabela 3: Comparativo entre os motores e uma lancha escolar diesel nova.

ALTERNATIVAS	POT (hp)	CONS. MÉDIO (l/km)
LG	90	1,17 @5400 rpm
LD	74	0,77 @2500 rpm
CR-150	150	0,19 @2000 rpm
CR-170	170	0,25 @2000 rpm
C-74	74	0,45 @2500 rpm
C-82	82	0,45 @2500 rpm

De posse dos níveis de consumo de combustível por distância, um estudo de caso foi feito estimando o tempo de retorno e custo financeiro total para a substituição do sistema de propulsão pertencentes a cidade de São Miguel do Guamá, no interior do estado do Pará. Adotou-se o valor de R\$3,60 e 2,40 o preço da gasolina e diesel, respectivamente.

Na comunidade de São Miguel do Guamá, dois tipos de viagens acontecem, a primeira consiste em uma distância de 6,61 km e a segunda 19,1 km de distância. Essas viagens ocorrem quatro vezes ao dia, sendo utilizado para as viagens dos alunos da educação básica e para alunos e professores do Plano Nacional de Formação Docente - PARFOR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma análise preliminar do layout da embarcação após a instalação dos motores foi feita para verificar os possíveis impactos para a utilização de um sistema do tipo centro e centro-rabeta conforme Fig. 7.

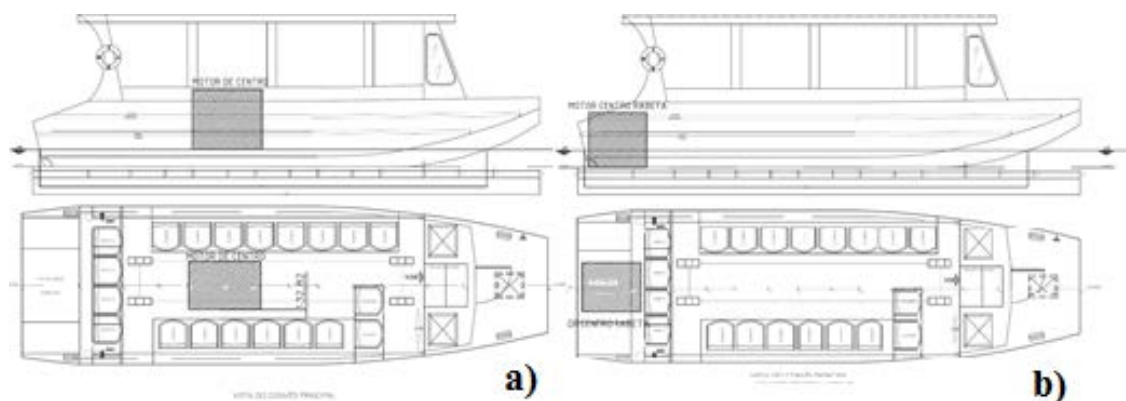


Figura 7. Vistas da embarcação com a instalação dos motores (Adaptado de Brasil, 2009).

Na Tab. 1 pode-se observar que em termos de custo inicial, o motor C-82 apresenta o menor custo de aquisição, porém em termos de dimensões, a distância entre o motor e os assentos é de apenas 130 mm, o que contraria o mínimo de 800 mm para o corredor estabelecido pela Norma da Autoridade Marítima segundo Brasil (2005), inviabilizando a utilização de pelo menos 6 assentos além de trazer a fonte de calor e ruído mais próximo aos usuários. Já o motor centro-rabeta (Fig. 7b) apresenta boas condições de adaptação necessitando, talvez, somente deslocar os quatro assentos finais mais à proa. Em particular o motor CR-150 apresenta menor peso e dimensões além de ser do tipo centro-rabeta que provoca uma menor interferência no atual layout da lancha.

As Figs 8 e 9 mostram a análise dos custos de combustíveis e o tempo para compensar o investimento inicial para os dois trechos analisados o assumindo a hipótese de quatro viagens diárias.

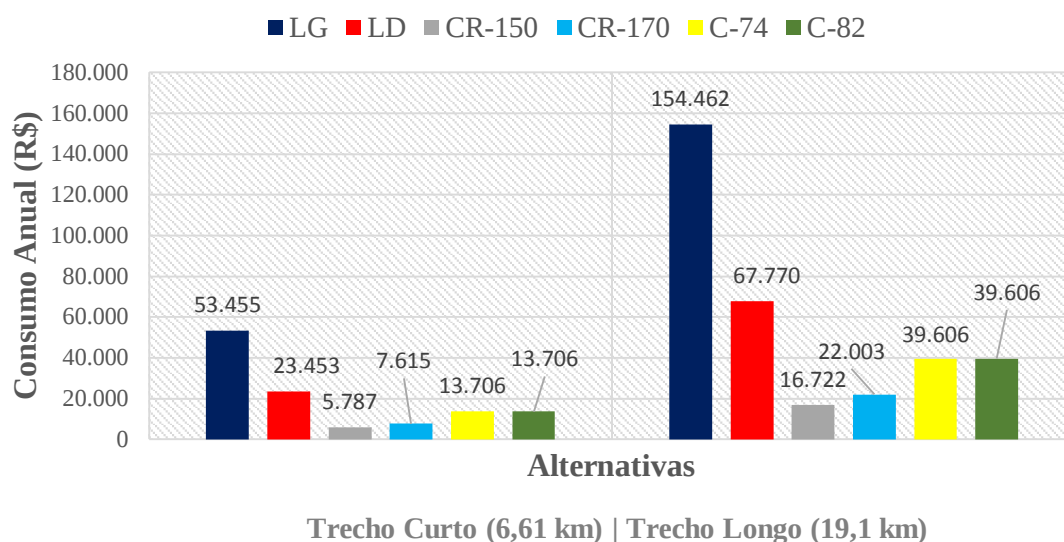


Figura 8. Custo de combustível anual para os motores.

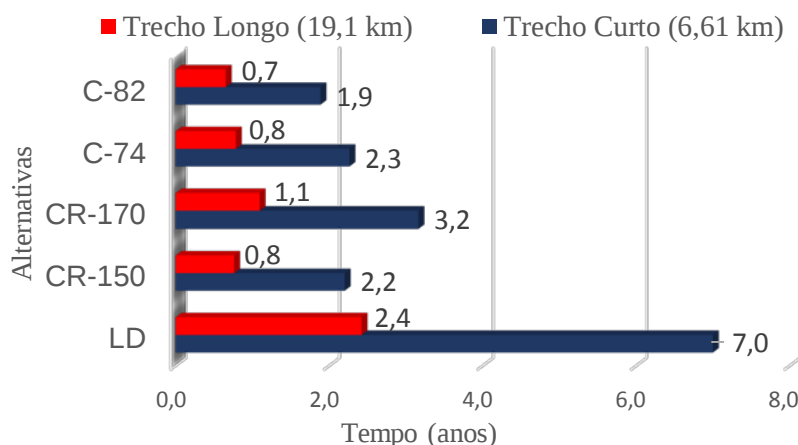


Figura 9. Tempo de compensação dos investimentos.

Na Figura 9 para ambos os trechos o motor C-82 apresentou o menor tempo de compensação, porém juntamente com o C-74 perde no quesito dimensão. As duas alternativas centro-rabeta se mostram atrativas, sendo que o motor CR-150 apresentou o de menor tempo de retorno entre os dois. A Tabela 4 apresenta o tempo de compensação para diferentes trechos considerando quatro viagens diária, já que a atuação das lanchas na região amazônica se dá em trechos de grandes extensões mostrando que quanto maior a distância menor é o tempo de compensação.

Tabela 4: Tempo de compensação dos investimentos para distâncias maiores.

ALTERNATIVAS	TEMPO PARA COMPENSAR INVESTIMENTO (ANOS)			
	TRECHOS			
	25 km	30 km	35 km	40 km
LD	1,9	1,5	1,3	1,2
CR-150	0,6	0,5	0,4	0,4
CR-170	0,8	0,7	0,6	0,5
C-74	0,6	0,5	0,4	0,4
C-82	0,5	0,4	0,4	0,3

6. CONCLUSÃO

O alto custo com combustível tem sido o motivo de várias lanchas escolares não estarem sendo utilizadas, enquanto crianças que dependem deste transporte são obrigadas a se deslocar até a escola sem as mínimas condições de segurança. Buscou-se uma alternativa de substituição do sistema de propulsão da lancha por um que utilize o diesel como combustível, resolvendo assim problema do alto consumo de combustível consequentemente o gasto excessivo do erário público com combustível.

Foram apresentados quatro modelos de motores, sendo dois na configuração centro e dois na configuração centro-rabeta. Ao comparar esses motores com o motor de popa atual e com uma lancha escolar a diesel, pôde-se avaliar em termos econômicos e dimensionais.

De posse dos resultados de custo, e das necessidades apontadas através da análise de resistência ao avanço, além do tamanho, consumo e da necessidade de manter a capacidade de passageiros, o sistema de propulsão mais indicado para a lancha é o de configuração centro-rabeta, utilizando o motor CR – 150. Apesar de não possuir o menor custo de aquisição, este implica em uma menor interferência no layout da embarcação pelo fato de estar localizado próximo ao espelho de popa, não diminuindo a atual capacidade de passageiros.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal do Pará – UFPA, ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa – FADESP e a Secretaria Municipal de Educação e Cultura – SEMEC da Prefeitura Municipal de Belém – PA.

8. REFERÊNCIAS

Barros, R. B. de, 2013, “Projeto e construção de lanchas de combate e transporte na Base Naval de Val-de-Cães: uma ferramenta para o desenvolvimento da Região Amazônica Oriental”. - Rio de Janeiro: ESG, 2013.

- Bombarco, 2015, “Manutenção de equipamentos: motor de popa, centro, diesel ou gasolina”. Disponível em: <<http://www.bombarco.com.br/comunidade/blog/manutencao-de-equipamentos/motor-de-popa-centro-diesel-ou-gasolina-2>>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- Brasil. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil, 2009, “Lancha escola (LE) – Arranjo geral e esquema de pintura”. Base Naval de Val de Cães, Belém, 3 p.
- Brasil. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil, 2012, “Programa caminho da escola”. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/bnn/lancha.htm>>. Acesso em: 15 Ago. 2015.
- Brasil, Ministério da Defesa, Marinha do Brasil, Diretoria de Portos e Costas, 2005, “Norma da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior – NORMAM – 02”.
- Brasil. Ministério da Educação. Universidade Federal do Pará, 2014, Desenvolvimento de procedimento de homologação e controle de qualidade de lanchas escolares do governo federal – Relatório final. Faculdade de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia Naval.
- Dottori, M., 2014, “Acerte no motor”. Revista Náutica. Disponível em: <<http://www.nautica.com.br/acerte-no-motor/>>. Acesso em: 16 ago. 2015.
- Fs Yachts. 2014a. “Motores de popa ou centro-rabeta”, Bem-Vindo à Náutica. Disponível em: <<http://bemvindoanautica.com.br/motor-popa-ou-centro-rabeta-melhor/>>. Acesso em: 16 ago. 2015.
- Fs Yachts, 2014b, “Existem 4 tipos de motores de lanchas”, Bem-Vindo à Náutica. Disponível em: <<http://bemvindoanautica.com.br/tipos-de-motores-lanchas-barcos/>>. Acesso em: 16 ago. 2015.
- Gazzeta, 2013, “Municípios: portaria define procedimentos para a doação da lancha”. Disponível em: <<http://www.gazzeta.com.br/municipios-portaria-define-procedimentos-para-a-doacao-da-lancha/>> Acesso em: 29 ago. 2015.
- Soeiro, N.S., Jesus, K.M.S., Lopes, F.A.C., Vale, A.R.M., Batista, D., 2002, “Sistematização da Metodologia para o Dimensionamento de Hélices Navais das Condições Amazônicas”, II Congresso Nacional De Engenharia Mecânica, João Pessoa, Brasil.
- Trindade, J., 2012, “Hidrodinâmica e Propulsão: Engenharia de Máquinas Marinhas”, Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, Oeiras, Portugal.
- Yamaha Náutica, 2015, “Especificações do motor F90 BETL”. Disponível em: <<http://www.yamaha-nautica.com.br/Produto/MotorDePopa/FichaTecnica/F90-BETL>>. Acesso em: 15 Ago. 2015.

9. RESPONSABILIDADE AUTORMAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR NEW PROPULSION SYSTEMS ON GASOLINE SCHOOL BOATS

Kelvin Alves Pinheiro, kelvin_alves@hotmail.com
Gelston Ferreira da Silva Neto, gelstonsilvaneto2@hotmail.com
Sérgio de Souza Custódio Filho, engsergiocustodio@gmail.com
Sinfrônio Brito Moraes, sbrito@ufpa.br
Alexandre Luiz Amarante Mesquita, alexmesq@ufpa.br

Federal University of Pará, Institute of Technology, Augusto Corrêa Street, 01 – Guamá. Zip Code 66075-110. Mailbox 479. Belém-PA, Brazil

Abstract. In the program “Caminhos da Escola”, developed by the Federal Government in 2009, it was noticed that nearly 180 thousand students from public school who live in the Amazon riverside region generally go to school by handmade rowboats, which are fragile and vulnerable to collision with other larger vessels. Through this program school boats powered by gasoline and diesel engines were built to be used by small municipalities in Amazon region. However, several complaints came out about the high fuel consumption of the gasoline boats, and, as a consequence, a high number of those boats are not being used. Thus, this paper aimed at defining the best propulsion system for the school boats that could result in the reduction of the fuel consumption, without reducing the efficiency of the transportation developed by the boats. In order to determine the ideal power for the new engine, it was used the MAXSURF software to determine the total resistance to the advancement through the Savitsky's method for pre-gliding vessels. An experimental verification of the fuel consumption was utilized to compare gasoline and diesel engines. In addition to it, it was done a market research to the possible substitute engines in order to obtain some technical characteristics. For the alternatives comparison it was developed an analysis considering the return time of the amount saved with a lower fuel costs, in this way it would be possible to pay back the investment made. In the analysis of the fuel consumption costs with financial return, the sterndrive engine with 150 hp of power came out with a return time of 0,8 years for a routine of four daily trips in a course of 19,1 kilometers of distance. The replacement of the new propulsion system on the school boats provides a lower financial cost with fuel (the reason for the complaints) in addition to make it possible to re-use the boats that are being kept unused, allowing a better quality of life for the Amazon people.

Keywords: school boat, engine selection, propulsion systems, fuel consumption.