

A importância do projeto hidrodinâmico de cascos e de sistemas de propulsão de navios

Carlos Daher Padovezi – Engenheiro Naval, Doutor, Diretor do Centro de Engenharia Naval e Oceânica do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Uma embarcação é um produto muito especial, geralmente de alto custo de construção e altos custos operacionais, que será utilizado por um longo período de tempo – 25 anos ou mais, dependendo do tipo de embarcação e de sua missão.

A tendência atual é que haja uma pressão cada vez forte, vinda sociedade e da comunidade internacional para que as embarcações, já existentes ou novas, tenham uma maior eficiência operacional, com redução de consumo de combustíveis e, conseqüentemente, com redução de emissão de gases poluentes.

O aumento da eficiência de um navio pode ser obtido pela melhoria do projeto do casco, por melhorias nos sistemas de propulsão e pela melhoria no processo de manutenção. Assim, a eficiência operacional será maximizada pela minimização dos custos diretos e indiretos, o que implica em reduzir o consumo de combustível, em diminuir a poluição ambiental, mas sempre mantendo a confiabilidade alta dos sistemas (custos reduzidos de manutenção). Portanto, devem ser sempre procurados os projetos mais adequados (otimizados) de cascos e de propulsores de embarcações.

E por que nem sempre temos projetos otimizados de cascos e de propulsão das embarcações? Às vezes, por pressa, por uma conveniência momentânea que leva a adotar, sem questionamentos, projetos prontos e até incompletos. Existem casos também gerados pela falta de conhecimento técnico das vantagens e desvantagens das diferentes opções de formas de cascos ou das diversas opções de sistemas propulsores. Há, também, um componente importante quase sempre presente que é o receio de adotar soluções que signifiquem inovações não devidamente testadas. Aqui, constata-se que o fato de uma embarcação durar no mínimo meio século leva a opções técnicas mais conservadoras porque, em primeira análise, seriam mais confiáveis.

Ocorre que projetar, construir e operar embarcações com esta visão de conservadorismo técnico pode significar conviver com ineficiências por toda a longa vida da embarcação. Se uma embarcação pode ser mais eficiente 5% a 10% do que seria se não fosse otimizada, em 25 anos ocorreriam ganhos operacionais significativos, tanto financeiros como ambientais.

Como buscar a eficiência

O que buscar? Do ponto de vista da hidrodinâmica do navio, devem ser perseguidos dois objetivos:

- a) Melhorar a resistência do casco, particularmente estudando as suas linhas da proa, onde se pode reduzir a componente da resistência por conta de ondas geradas pelo navio, e as suas linhas de popa, onde se pode otimizar os coeficientes propulsivos, devido à uma maior uniformização do escoamento na região de instalação do propulsor.

- b) Avaliar a utilização de propulsores mais eficientes para cada caso, levando em consideração a sua integração adequada com o casco e o sistema de motores. Também cabe avaliar a adoção de sistemas não convencionais de propulsão que se mostrem com possibilidade de aumentar a eficiência propulsiva.

As ferramentas para o bom projeto hidrodinâmico são três:

- i) Utilização de modelos teóricos e numéricos em hidrodinâmica;
- ii) Realização de estudos experimentais com modelos em escala reduzida de navios e de propulsores em laboratórios de hidrodinâmica como Tanque de Provas (de reboque) e Túnel de Cavitação;
- iii) Realização de medições de desempenho propulsivo e em manobras de navios em escala real.

O uso de modelos teóricos e numéricos tem evoluído ao longo do tempo, destacando-se a ferramenta numérica CFD (Computational Methods for Fluid Dynamics) de simulação do escoamento ao redor de cascos, que tem dados bons resultados na obtenção de valores totais de resistência, mas ainda não consegue precisão satisfatória em modelagens de escoamentos localizados (só da popa, por exemplo), conforme registrado pela ITTC (2008).

Os ensaios com modelos em escala reduzida tem uma grande importância no processo de busca de soluções para obtenção de navios mais eficientes – laboratórios como tanques de reboques (Figura 1) e túneis de cavitação (Figura 2) são sempre utilizados no processo de projeto de linhas de cascos e de propulsores, respectivamente.



Figura 1 – Tanque de Provas do IPT – São Paulo

Medições em escala real do desempenho de embarcações, tanto de seu sistema propulsivo como de seu sistema de manobras, servem para comprovar na prática as previsões feitas durante a fase de projeto, baseada em métodos numéricos e experimentais. Estas medições podem ser expeditas, como em Provas de Mar, assim como podem ser extensas, com obtenção de dados de potências, velocidades e consumos de combustíveis durante longo período de operação da embarcação.

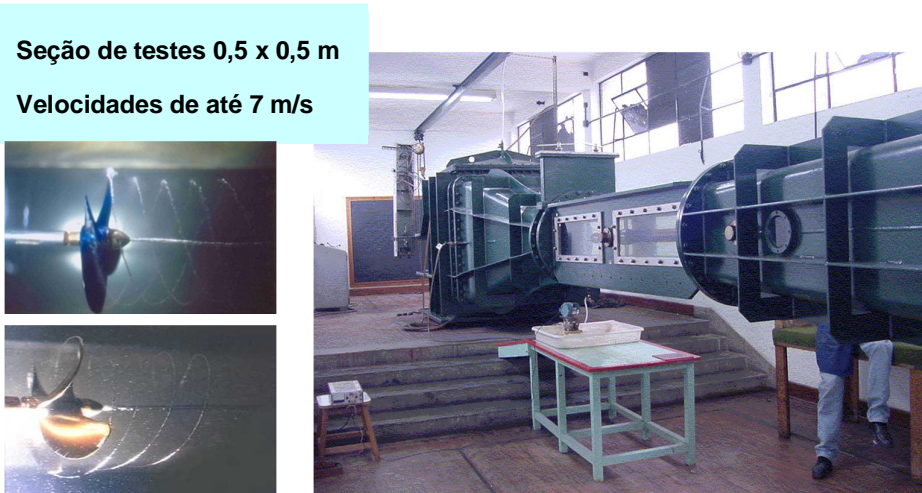


Figura 2 – Túnel de Cavitação do IPT – São Paulo

Exemplos de auxílio ao projeto de embarcações eficientes

A Figura 3 mostra um exemplo clássico de otimização de linhas de popa com o objetivo de buscar a melhor distribuição de velocidades (campo de esteiras) na região de instalação do propulsor. Alterações geométricas relativamente pequenas levam a melhorias na distribuição de esteiras, o que pode aumentar a eficiência do casco, aumentando a eficiência propulsiva, assim como pode reduzir a possibilidade de ocorrência de vibrações induzidas pelo propulsor e o aparecimento de erosão devido a cavitação. Ou seja, uma maior uniformização do escoamento na popa otimiza a integração popa-propulsor-leme e evita os problemas relacionados com fenômenos intermitentes gerados no hélice e no leme.

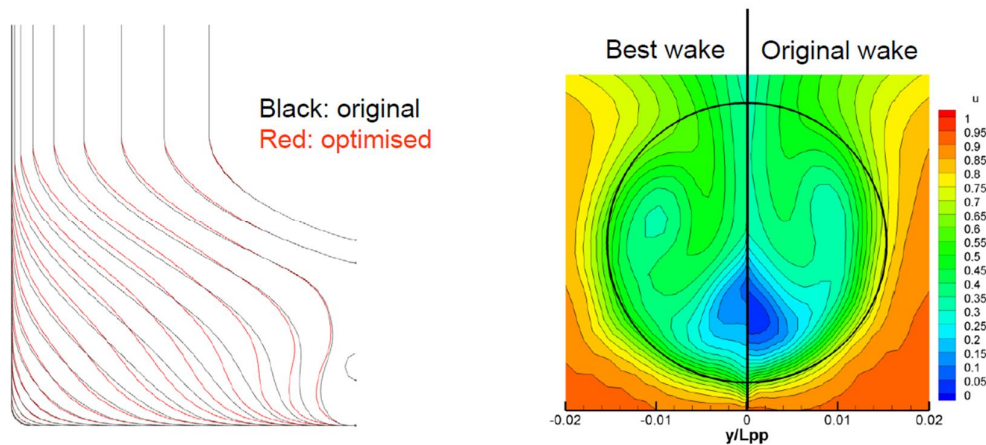


Figura 3 – Estudo experimental para otimização de popa de embarcação com alteração de linhas (em preto: forma original, em vermelho: forma alterada). À direita, são mostradas as distribuições de esteiras original e otimizada – a indicação gráfica é de valores de $(1-w)$, onde w é o valor de esteira nominal em cada ponto (fonte: Chalmers University of Technology).

Nas linhas de proa, ganhos significativos são obtidos com a adoção de bulbos. Com formas desenvolvidas para reduzir a componente de resistência devido à geração de ondas na proa, os bulbos têm sido utilizados na grande maioria dos navios comerciais de grande porte e alto coeficiente de bloco – na velocidade de cruzeiro, pode significar cerca de 5% de economia de combustível por conta de sua utilização.

Mais recentemente, os bulbos de proa estão sendo projetados para utilização em embarcações mais rápidas, como navios militares, com geometrias adequadas à redução de ondas geradas a altas velocidades e na presença de trim dinâmico. Um destroyer estudado recentemente apresentou economia de combustível de cerca de 4% com adoção do bulbo (Figura 4). Hoje há, também, uma tendência de embarcações de menor porte adotarem bulbos de proa. Contudo, a geometria de cada bulbo (formas, comprimento, localização) deve ser estudada convenientemente para que haja vantagens efetivas – um bulbo mal projetado pode não significar aumento de eficiência e talvez até contribua com algum acréscimo de resistência.

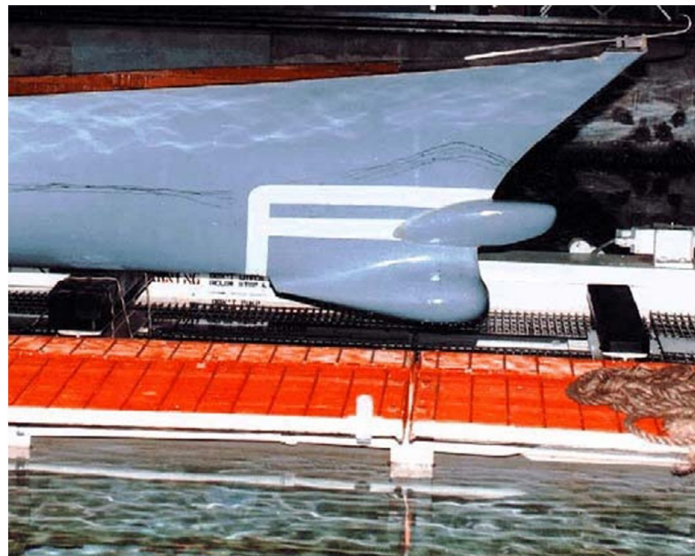


Figura 4 – Otimização de proa de embarcação rápida com adição de bulbo (fonte: O'ROURKE, R. - 2006).

Uma parte da hidrodinâmica que merece um grande volume de pesquisas e projetos de desenvolvimento é aquela relacionada com o aumento da eficiência propulsiva, ou reduzindo perdas ou recuperando perdas originadas em sistemas propulsores. Propulsores com novas concepções (contra-rotativos, com aletas nas pontas das pás, etc.) podem ser promissores, assim como pode ser frutífera a adoção de dispositivos de regularização de escoamentos (dutos, aletas direcionadoras de fluxo, etc.) ou de recuperação de energia após o propulsor (bosso com aletas, lemes integrados, etc.).

A Tabela 1 apresenta exemplos de ganhos em eficiência com providências que podem ser adotadas para navios já existentes ou para navios novos.

Tabela 1 – Exemplos de ganhos em eficiência com ações de otimização para navios existentes e para navios novos (fonte: The Naval Architect, March 2008).
CB – coeficiente de bloco do navio

Ações	Navios existentes Ganho (%)	Navios Novos Ganho (%)
Otimizar formas do casco, incluindo reduzir CB		3 – 10
Otimizar o propulsor	2	3 - 6
Manutenção da superfície molhada do casco	2 – 5	2 – 5
Dispositivos de redução de perdas / recuperação de energia de propulsão	2 - 6	2 – 6
Otimização do trim (navios de CB altos)	1 – 2	1 – 2
Skeg duplo + bi-hélices		5 – 8

Considerações gerais

Este breve apanhado de exemplos de casos mostra a importância da atenção ao projeto hidrodinâmico de cascos e de propulsores de embarcações. As ferramentas experimentais e numéricas são cada vez mais utilizadas para se chegar a navios mais eficientes, o que significa obter navios com menores custos operacionais e menores interferências ambientais.

O futuro da utilização de embarcações passa pelo desafio de otimizar o máximo possível as formas e linhas dos cascos e os sistemas de propulsão e manobras. Uma maior eficiência, com segurança e com respeito ao meio ambiente deve ser a meta.

Referências Bibliográficas

INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE – ITTC (2008) **Proceedings of Resistance Committee**. 25th ITTC, Fukuoka, Japan, September, 2008.

O'ROURKE, R. (2006). **Navy Ship Propulsion Technologies: Options for Reducing Oil Use** -- Background for Congress. June 2, 2006

RADOJCIC, D. (2006) **Innovations in Shipbuilding**. University of Belgrade & Danube Project Centre. The 3rd Danube Summit, Budapest, 18-19. October 2006