



# ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Avenida Professor Mello Moraes, 2231 - CEP: 05508-900 São Paulo SP  
Telefone: (011) 3091-5350 Fax (011) 3091-5717

## Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

### PNV3415 - PROJETO DO NAVIO

#### Atividade 05 – Turma 01 Integração Casco-Propulsor

**Entrega atividade:** 03/11/2020

**Acompanhamento preliminar:** 09/11/2020

**Entrega inicial relatório:** 14/11/2020

**Acompanhamento & discussão relatório:** 16/11/2020

**Entrega final relatório:** 18/11/2020

A atividade anterior (atividade 4) correspondeu à estimativa de resistência ao avanço através o uso de séries sistemáticas. Como colocado na descrição da atividade, os grupos devem apresentar claramente a escolha, as hipóteses e o procedimento de cálculo proposta pela série e levantar a curva resistência versus velocidade (gráfico/tabela), discriminando as diversas componentes de resistência (notação científica, quando conveniente). Na atividade indicou-se que a complementação da atividade, ou seja, a estimativa da resistência utilizando o programa NAVCAD (disponibilizado no Departamento) estaria incluída na próxima atividade.

Dessa forma, o primeiro item da atividade 5 consiste em utilizar o programa NAVCAD para a estimativa de resistência ao avanço, solicitando-se aos grupos que demonstrem e expliquem claramente o significado dos diversos parâmetros e variáveis empregadas no programa, a simples apresentação dos resultados finais e das curvas de resistência e potência efetiva não sendo consideradas para a avaliação do trabalho do grupo. Ressalta-se que os resultados obtidos (incluindo as componentes de resistência) devem ser comparados com os resultados obtidos da série sistemática, com explicação técnica das diferenças observadas.

O item seguinte da atividade 06 consiste em realizar a integração casco-hélice tanto analítica (manual), como através do software NAVCAD. Iniciando-se com a hipótese que o diâmetro máximo do propulsor seja conhecido (referências e/ou navios semelhantes), a atividade consiste em selecionar e analisar o propulsor de maior eficiência dentro das restrições de níveis aceitáveis de vibração e cavitação e de rotação mínima aceitável aos motores. Para a realização da integração casco-hélice é fundamental a estimativa dos coeficientes de esteira e de redução da força propulsora adequados à forma de popa adotada. Na estimativa desses coeficientes (modelo e navio) devem ser avaliados, comparados e analisados mais de um método/procedimento de estimativa desses coeficientes e, **necessariamente**, incluir os valores obtidos/sugeridos pela série sistemática.

O desenvolvimento manual da integração casco-hélice (incluindo análise de cavitação) realizado pelo grupo deverá ser calculado para pelo menos um hélice com a descrição do procedimento, dos cálculos e análises sendo apresentados em documento entregue em arquivo. Uma vez realizado o procedimento manual, solicita-se que a integração casco-hélice seja realizada através do emprego do programa NAVCAD. Para tanto, inicialmente, deve ser verificada a consistência entre os resultados do procedimento manual e computacional e, posteriormente, desenvolvido um estudo de sensibilidade que possibilite a interpretação dos efeitos de parâmetros característicos do hélice (diâmetro (D), números de pás (Z), razão P/D e razão  $A_E/A_0$ ) na variação da eficiência do hélice e do nível de cavitação (incluir gráficos). Nesse estudo de sensibilidade devem ser claramente indicadas as hipóteses adotadas e as variáveis empregadas.

#### **Observações**

- Integração casco/hélice: A estimativa deverá incluir o fator de rugosidade e de extrapolação ("Allowance coefficient" -  $C_A$ ) e indicar claramente e conceitualmente as condições médias de casco e mar adotadas;
- NAVCAD:** O uso do programa deverá incluir avaliação das séries (qual a série sugerida / mais adequada; existem outros métodos de estimativa?; etc.); explicação dos dados de entrada/saída do programa ("transom", bulbo, LCB, área molhada, etc.); a avaliação e análise de hélices com diferentes número de pás (4, 5 e 6), diferentes  $A_E/A_0$ , etc.;
- Na análise de sensibilidade, deixar claro o que se mantém constante e o que se varia;

**Observação adicional** – Processo de integração casco-propulsor

To determine an optimum rotational speed  $N$  (RPM) for a propeller when absorbing certain delivered power  $P_D$  and a propeller diameter  $D$  in association with the ship speed  $V_s$ .

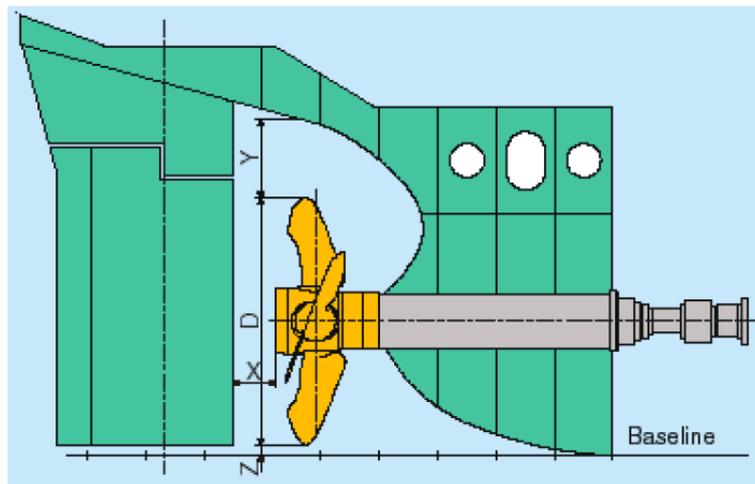
- I. Propeller type is chosen depending on the ship type, maximum efficiency, noise reduction, ease of manoeuvrability, initial installation cost, running cost, maintenance requirements;
- II. Number of blades is determined by the need to avoid harmful resonant frequencies of the ship structure and the machinery;
- III. BAR(Blade Area Ratio) is chosen to avoid cavitation on the propeller blades. Larger the BAR results in less cavitation susceptibility but increase in section drag and hence a loss in the efficiency of the propeller. BAR is initially determined;
- IV. First it is necessary to determine a mean design Taylor wake fraction ( $w_T$ ) from experience, published data or model test results;
- V. Advance propeller speed  $V_A$  can be determined as  $V_A=(1-w_T)V_s$ ;
- VI. Diameters of behind hull and open water are calculated as  $D_{max}$  is assumed to be usually percentage of the draught

$$D_{Max} = D_B = a \cdot T$$

$a < 0.65$  for bulk carriers and tankers

$a < 0.74$  for container ships

where  $D_B$  and  $T$  are the behind hull diameter and draught of the ship, respectively.



When the diameter is determined the diameter should be as large as the stern of hull can accommodate, to obtain the maximum propeller efficiency. The typical figures of the clearances of propeller-hull, propeller-rudder and propeller-baseline should be:

- X - 5% to 10% of  $D$ ,
- Y - 15% to 25% of  $D$ ,
- Z - up to 5% of  $D$ ,

this  $D_B$  should not exceed the limits of propeller-hull clearances.

- VII. Open water diameter  $D_0$  is then calculated by increasing  $D_B$  by  $\alpha = 5\%$  and  $\alpha = 3\%$  for single and twin screws respectively.

$$D_0 = \frac{D_B}{1 - \alpha}$$

**Bibliografia:**

(Livros)

- [1] Watson, D. G. M.; Practical Ship Design; Elsevier Science Ltd; 1998.

- [2] Schneekluth, H.; Ship Design for Efficiency and Economy; Butterworths, London; 1987.
- [3] \_\_\_\_\_; Merchant Ships Design Handbook; Vol. 3 (Basic Design); The Kansai Society of Naval Architects; Japan.
- [4] Lewis, e. V. (Ed.); Principles of Naval Architecture; Vol. 1, 2 & 3, SNAME, 1988/89.
- [5] Harvald, S.A.; Resistance and Propulsion of Ships, John Wiley & Sons, N.Y; 1983.
- [6] Tornblad, J., Marine Propellers and Propulsion of Ships, KAMEVA, 1987
- [7] Carlton, J. S.; Marine Propellers and Propulsion; Butterworth&Heinemann Ltd; 1994.
- [8] Lloyd, A. R. J. M.; Seakeeping: Ship Behavior in Rough Weather; Ellis Horwood Ltd; 1989.
- [9] Faltinsen, O. M.; Sea Loads on Ships and Offshore; Cambridge University Press; 1990.

*(Artigos)*

- [1] van Manen, J. D.; The Choice of the Propeller; Marine Technology, SNAME; April 1966.