



## UMA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE PROPULSORES NAVAIS TIPO HÉLICE NA AMAZÔNIA

**Leonardo Monteiro Barbosa Lima**

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará

**Ewerton Larry Soares Ferreira**

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará

**Celso Augusto Coelho**

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará

Campus Universitário do Guamá – Belém – Pará – Brasil – CEP 66075-970

Cx. P. 8612 – Fone (091) 211-2121

***Resumo.** Na região Amazônica, a navegação é de grande importância dada a extensão de rios navegáveis e a inexistência de malhas rodoviárias alternativas na região, além de ser uma forma de transporte de menor custo. Através da navegação é realizada a maior parte da atividade econômica, representando grande relevância para o estudo dos sistemas que envolvem o projeto e a produção de embarcações e seus componentes. Atualmente, são produzidos na região apenas os cascos e os propulsores navais tipo hélice, sendo que estes últimos têm grande parte de sua produção realizada, de maneira artesanal e baseada no empirismo, em pequenas fundições. Estas fundições são induzidas à ineficácia, visto que não possuem controle sobre o processo, os custos ou a qualidade de sua produção. Sabendo-se que não há um centro de pesquisa regional com competência em engenharia naval e que os fabricantes locais não dispõem de recursos financeiros, técnicos e materiais para pesquisa e desenvolvimento, a idéia em que se fundamenta o trabalho é fazer um estudo geral sobre o processo utilizado em pequenas fundições para a fabricação de propulsores navais tipo hélice, na Região Metropolitana de Belém, levantando todos os parâmetros que possam torná-lo eficiente e eficaz.*

***Palavras-chave:** hélices navais, Amazônia, QFD.*

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Ullman (1992), para a solução de um problema é preciso que se estabeleça uma necessidade ou se chegue à conclusão de que há um problema a ser resolvido. A partir de então podemos adotar diversas abordagens para a solução do problema. Dentro do contexto, a análise do ciclo de vida do produto é aquela que parece trazer os maiores benefícios, atacando, a partir da identificação de uma necessidade, as fases de projeto do produto, manufatura, transporte, armazenagem, montagem, funcionamento, manutenção e acondicionamento e descarte.

Sabe-se que a maior parte da produção de propulsores navais tipo hélice é realizada de forma empírica em pequenas fundições. Uma rápida análise visual desses propulsores é capaz de revelar inúmeros defeitos construtivos, além de que não existem quaisquer vínculos entre os hélices e as geometrias dos cascos das embarcações (fabricados artesanalmente em madeira), além de outros parâmetros, que no seguimento do trabalho mostraremos serem importantes, como a carga deslocada pela embarcação, a rotação dos propulsores etc.

Por outro lado, o casco e os propulsores constituem fatores críticos para a produção de embarcações regionais já que motores, redutores e outros equipamentos mecânicos são fabricados em larga escala e em diversos modelos pela indústria automotiva.

É importante ressaltar três etapas iniciais do projeto do produto que têm a maior influência sobre o produto final, são elas: desenvolvimento / planejamento das especificações, projeto conceitual e o projeto final do produto. Durante a primeira etapa, o objetivo deve ser o entendimento do problema de um modo geral e abrangente que, por sua vez, servirá de base para o desenvolvimento futuro do projeto conceitual e do projeto final do produto.

De modo geral, os resultados obtidos na fase de desenvolvimento / planejamento das especificações determinarão a maneira pela qual o problema poderá ser decomposto em subproblemas de mais fácil acesso, alocados a especialistas de cada área. Este trabalho se propõe a dar o primeiro passo no desenvolvimento / planejamento das especificações, sendo o objetivo, neste momento, compreender de forma abrangente os aspectos relacionados ao projeto e produção de hélices navais e realizar um ensaio quanto às características mais importantes do produto através da técnica do QFD – Quality Function Deployment.

## 2. ASPECTOS DO PROJETO E DA PRODUÇÃO DE PROPULSORES NAVAIS

O primeiro item a ser considerado será o da hidrodinâmica envolvida no projeto dos propulsores. No segundo momento abordaremos a seleção do material a ser empregado e no terceiro a fabricação dos mesmos utilizando um processo de fundição (assumindo antecipadamente que o melhor processo produtivo seja a fundição).

### 2.1. Aspectos hidrodinâmicos

O princípio de funcionamento dos propulsores navais está baseado na criação de uma corrente de fluido em sentido contrário ao do deslocamento da embarcação; e cujo impulso é capaz de vencer as forças de resistência impostas pelos meios nos quais a embarcação se desloca. Em regime estacionário, as quantidades de movimento da embarcação e da corrente de fluido se anulam.

Assim, é necessário produzir uma expressão matemática para a resistência em função de diversos parâmetros físicos e geométricos do sistema casco/propulsor e do meio fluido. Os parâmetros normalmente adotados são: o diâmetro do hélice  $D$ , a aceleração da gravidade  $g$ , o comprimento da linha d'água  $L$ , a frequência de rotação do propulsor  $n$ , a densidade do fluido  $\rho$ , a tensão superficial do fluido  $\sigma$ , a viscosidade  $\mu$ , a pressão de vapor do fluido  $p_v$ , a pressão ambiente  $p_\infty$  e a velocidade do som na água  $a$ . Outros fatores são o impulso necessário para deslocar a embarcação  $Q$ , a resistência oferecida a esse deslocamento  $R$ , o torque total atuante no propulsor  $T$  e a velocidade da embarcação  $V$ . É importante observar que fatores como  $L$  e  $R$  dependem da geometria do casco, da carga deslocada pela embarcação, assim como da sua distribuição na mesma.

Esta expressão é então utilizada para minimizar a resistência e produzir uma forma superior à de uso corrente. A análise dimensional fornece uma indicação quanto à forma com que as propriedades físicas e geométricas se relacionam. Aplicando o teorema II ao problema do arrasto de embarcações vemos que o mesmo depende dos seguintes grupos adimensionais:

$$\frac{R}{\rho V^2 L^2} = F \left\{ \frac{VL\rho}{\mu}, \frac{V}{\sqrt{gL}}, \frac{V}{a}, \frac{\sigma}{\rho g L^2}, \frac{p_\infty - p_v}{\rho V^2} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad \text{e} \quad \frac{Q}{\rho n^2 D^5} = F \left\{ \frac{V}{nD}, \frac{VD\rho}{\mu}, \frac{V^2}{gD}, \frac{\sigma}{\rho g L^2}, \frac{p_\infty - p_v}{\rho V^2} \right\} \quad (2)$$

Os grupos adimensionais explicitados nas Eq. (1) e (2) não são os únicos, porém, foram escolhidos por serem os mais utilizados de um modo geral. A cada um é atribuída uma nomenclatura específica., sendo importante ressaltar:

$$\frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad , \text{denominado coeficiente de impulso;}$$

$$\frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad , \text{denominado coeficiente de torque;}$$

$$\frac{V}{nD} = J \quad , \text{denominado coeficiente de avanço;}$$

O produto entre a força de resistência total do caso  $R_T$  e a velocidade da embarcação  $V$  define a potência, conhecida como potência efetiva (*PEF*). A *PEF* pode ser entendida como o trabalho útil realizado na movimentação da embarcação. A potência realmente suprida pelo eixo do hélice é a potência de eixo (*PEX*). A relação entre *PEX* e *PEF* caracteriza a eficiência resultante do sistema de propulsão e é chamado coeficiente de propulsão (*CP*). O coeficiente de propulsão surge, em parte, da eficiência hidrodinâmica do hélice e, em parte, da interação entre o hélice e o casco.

De acordo com pesquisas realizadas, as pequenas fundições utilizam como critério para o dimensionamento do hélice a adequação ao grupo motor instalado na embarcação. Deste modo, o cliente compra o propulsor para sua embarcação de acordo com a marca. e o modelo do motor da mesma, desconsiderando as diferenças de rotação advindas da utilização de diferentes caixas redutoras e o atendimento de uma velocidade de serviço em função da resistência do casco – potência suprida pelo motor – impulso produzido pelo hélice.

Um exemplo é o hélice utilizado nos motores NSB18 (IANMAR), o mais vendido para as pequenas embarcações de passageiros (cerca de 100 unidades mensais, somente em Belém).

Quanto à geometria dos hélices, um perfil bastante utilizado nas seções transversais das lâminas é a distribuição de espessuras do NACA66 (modificado) superposta na linha de centro do NACA  $\alpha = 0,8$ .

A força aplicada a uma seção da pá, resultante da movimentação da mesma no meio fluido, pode ser decomposta em duas componentes chamadas *arrasto Drag* e *sustentação Lift*. Essas componentes têm, respectivamente, a mesma direção e direção perpendicular àquela do fluxo incidente na pá. Elas surgem em função da geometria da seção transversal da lâmina e dimensões (que são também uma preocupação do ponto de vista da resistência). Neste trabalho, não foi possível realizar medições precisas da amostra coletada (mesmo porque, em nossa opinião, uma análise deste tipo deve ser realizada com uma base estatística e não através de casos isolados).

Utilizando o software Mathematica, produzimos, a partir destas medidas, os perfis NACA66 modificados para comparação. Na Fig. 1 encontramos uma comparação dos perfis gerados com as seções obtidas no hélice original. Devido a complicação de ordem técnica, os cortes da lâminas não puderam ser realizados no plano de interesse (plano circunferencial). A Fig. 1 mostra claramente os cortes retos realizados, quando o ideal seria que fossem circulares (gerados pela interseção do hélice com cilindros coaxiais, em 0.2, 0.3, 0.4, ..., 0.9 do raio).

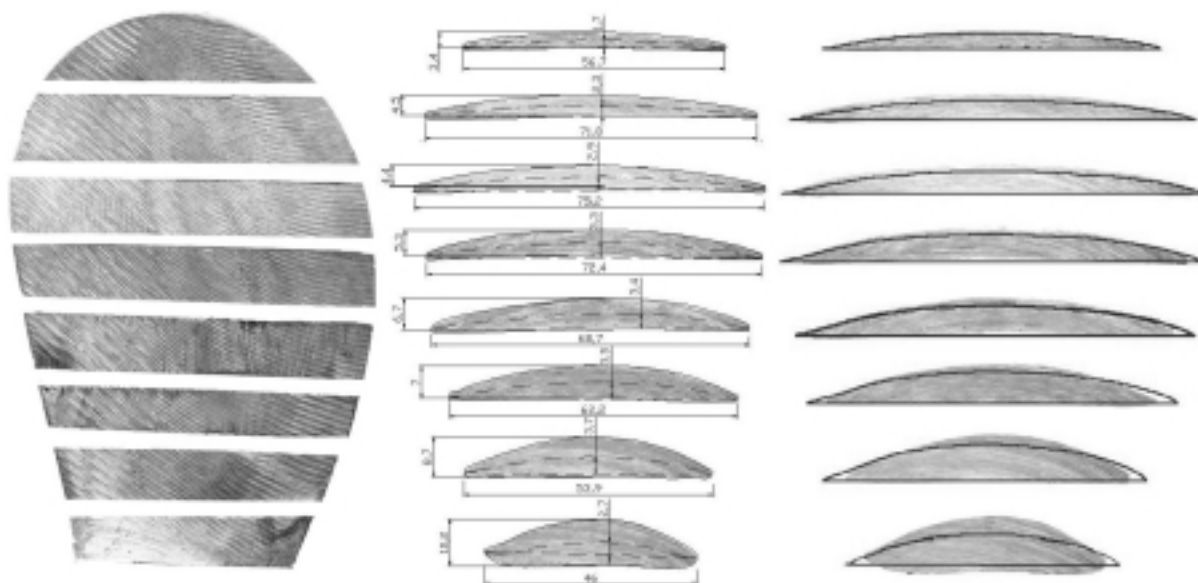


Figura 1 – Características dimensionais do hélice utilizado no motor modelo NSB18 da IANMAR e comparação das seções do hélice estudado com os perfis NACA66.

Em função da diferença no corte, era de se esperar que as seções mais próximas da raiz apresentassem maior espessura em relação ao comprimento da corda (já que um segmento mais curvo, uma vez desenvolvido para o plano, geraria um perfil mais alongado). Assim, levando-se em consideração a grande aproximação nos formatos dos perfis próximos à extremidade da lâmina e a redução gradual da espessura em relação ao perfil NACA66 modificado, à medida em que cresce o raio do corte, vemos que os perfis encontrados na prática se aproximam bastante daqueles sugeridos na literatura.

## 2.2. Análise de materiais

Os tipos de hélices mais empregados são aqueles feitos de ligas de cobre, embora para aplicações mais específicas possam ser empregadas ligas especiais de alumínio e aços inoxidáveis.

Há muito que os latões amarelos de alta resistência (manganese bronze) vêm sendo utilizados como liga padrão na confecção de propulsores navais, assim como de outros produtos navais. Apesar desta liga possuir boas características de serviço para baixas velocidades, são necessárias maiores resistências mecânica e ao desgaste para as velocidades utilizadas atualmente nas modernas embarcações de passageiros.

Encontramos em Loureiro et al (1998) análises químicas de quatro tipos diferentes de propulsores navais. Os dados foram resumidos na Tabela 1, em dois grandes grupos de ligas, com percentuais em peso dos componentes.

A composição ideal para as ligas de propulsores deve conter o menor teor possível de chumbo, pois embora este melhore as características de usinabilidade e fundição da liga, reduz a resistência mecânica, dureza e resistência à fadiga. Pode-se ainda diminuir o custo das ligas fundidas reduzindo-se o percentual de cobre para valores mínimos de até 55% (78% no caso do bronze alumínio – níquel). É possível que a análise não represente fielmente o perfil das ligas encontradas na prática uma vez que, sendo utilizada grande quantidade de sucata e parte do material usinado, contendo camadas superficiais do material fundido, os percentuais de ferro e silício poderão ser bem maiores e/ou sujeitos a grandes flutuações.

Tabela 1 – Composição das ligas normalmente utilizadas na fabricação de propulsores.

Grupo	Composição química				
	Cu	Zn	Pb	Ni	Mn
1	81 – 84	17 – 18	3 – 4	< 0,5	< 0,2
2	61	37,5	0,3	0,3	1,4

A adição de teores de ferro, variando entre 0,9 e 2,0% para o latão amarelo e 3,5 a 5,5% para o bronze de propulsor (bronze alumínio – níquel), inibe o crescimento dos grãos, provocando um refinamento da macroestrutura de solidificação e melhorando a resistência mecânica da peça. Apesar da expectativa de encontrar teores elevados de ferro na liga, em virtude do material que é adicionado ao forno (sucata), a análise das amostras não revelou a presença desse metal. A análise macrográfica da amostra, revelou a predominância das zonas colunares e equiaxiais com grãos de grandes dimensões.

Verificamos que os propulsores do primeiro grupo são fundidos em ligas apropriadas para outras aplicações, em geral gaxetas, válvulas de baixa pressão etc., inadequadas para o fabrico de hélices. Enquanto aqueles pertencentes ao segundo grupo se enquadram perfeitamente na liga mais comum para fundição de propulsores navais, demonstrando o conhecimento do fabricante quanto a liga e ao controle do processo. Ainda assim, não foram encontradas evidências de que estes fabricantes utilizem o bronze de propulsor, portanto, mesmo aqueles fabricantes que controlam a composição das ligas de seus hélices, não utilizam ainda a melhor tecnologia.

O bronze alumínio – níquel é 10% mais leve que o latão amarelo e, devido à sua elevada resistência, podem ser projetados propulsores com seções mais finas. Por outro lado, o bronze alumínio – níquel está sujeito a maiores níveis de contração, temperaturas de vazamento mais elevadas e tem tendência a absorção de gases durante a fundição, em comparação com o latão amarelo.

Tabela 2 – Composições das ligas indicadas para, a fundição de propulsores.

Nome comum	Composição nominal (% em peso)							
	Cu	Al	Fe	Zn	Mn	Ni	Sn (máx.)	Pb (máx.)
Latão amarelo	55 a 60	0,7 a 1,0	0,9 a 2,0	restante	0,3 a 0,9	–	1,5	0,4
Bronze de propulsor	78 a 81	9,0 a 10,3	3,5 a 5,5	–	0,5 a 1,0	4,5 a 5,5	–	0,01

### 2.3. Análise do processo de fundição

Na fundição das ligas de cobre é essencial o controle da temperatura de vazamento. Apesar de que as diversas ligas admitem largas faixas de variação da temperatura de vazamento, como pode ser inferido da Tabela 3. Na verdade, as temperaturas do limite inferior devem ser utilizadas quando as seções da peça fundida forem espessas, enquanto o limite superior é mais aplicável às peças com seções delgadas. Deve-se observar que as faixas de temperaturas de vazamentos foram determinadas de modo a que as peças fundidas não apresentem defeitos críticos de fundição.

A medida em que aumenta a temperatura, aumenta também a quantidade de gases dissolvidos no metal; conseqüentemente, os metais vazados a temperaturas muito elevadas poderão produzir peças com porosidade. Muitas ligas de cobre estão sujeitas a sérias

contrações internas quando vazadas a temperaturas demasiado elevadas, mais ainda, as ligas de cobre oxidam-se rapidamente a temperaturas elevadas, podendo ocorrer a perda de elementos de liga.

Tabela 3 – Temperaturas de vazamento das ligas indicadas para fabricação de propulsores.

Nome e especificação ASTM da liga	Temperatura de vazamento (°C) Peças grandes / peças pequenas
Latão amarelo (B147 8A)	980 a 1065 / 1065 a 1176
Bronze de propulsor	1150 / 1200

Na fundição em areia, vazamentos a temperaturas elevadas também aumentam a probabilidade de que ocorram reações do metal com a areia, produzindo vapor e/ou gases, que deverão ser ventilados para fora do molde. A fluidez dos metais aumenta com o aumento da temperatura, no entanto, por mais que seja desejável a elevada fluidez na fundição de peças com geometrias complexas, o aumento excessivo da fluidez pode causar a penetração do metal líquido nos poros do molde, resultando em peças fundidas com acabamentos superficiais demasiadamente grosseiros.

O hélice é vazado em moldes de areia verde. O metal é fundido em um forno do tipo *pit* com queimadores laterais. O forno de  $\phi 500 \times 650$  mm, recebe um cadinho de grafite com capacidade para aproximadamente 30 litros (ou o equivalente a 200 kg de metal líquido).

Os moldes são conformados manualmente. A areia de moldagem é constituída de uma mistura de grãos de sílica e argila calcinada, aos quais, em cada molde, é adicionada uma grande quantidade de raspa de madeira na região de separação das partes. O processo dura cerca de 3 a 5 minutos, e recebe uma grande quantidade de água para favorecer a agregação do material. Antes de fechar o molde, as faces internas recebem uma camada de pó branco, conhecido pelo nome vulgar de carbureto (na realidade  $\text{CaCO}_3$ , resultante da decomposição do carbureto), com a finalidade de fechar os poros, melhorando o acabamento superficial.

Em cada 'fornada' são produzidos cerca de 120 hélices (de vários modelos). Não há qualquer tipo de controle das temperaturas de fundição ou vazamento. O metal fundido é retirado em um cadinho menor com capacidade para cerca de 3,5 litros (aproximadamente 30 kg de metal) e produção de cerca de 12 peças, durando o processo entre 10 e 15 minutos.

Há evidências de que a temperatura de vazamento seja muito superior à máxima admitida e os primeiros hélices contenham defeitos como elevada porosidade, trincas por contração e, possivelmente, grandes vazios (devido à geração excessiva de gases).



Figura 2 – Etapas da moldagem em que se vê claramente a raspa de madeira na interface de separação e o processo de adição da camada de carbureto às superfícies do molde.

O hélice tomado para o estudo de caso apresentou uma grande quantidade de porosidades e vazios, principalmente nas faces das pás, na região compreendida entre a raiz das lâminas e o seu centro, como pode ser visto na Fig. 3. As formas e dimensões das cavidades, bem como a sua localização, nos levam a crer que estas se devem ao aprisionamento de gases gerados durante o vazamento.

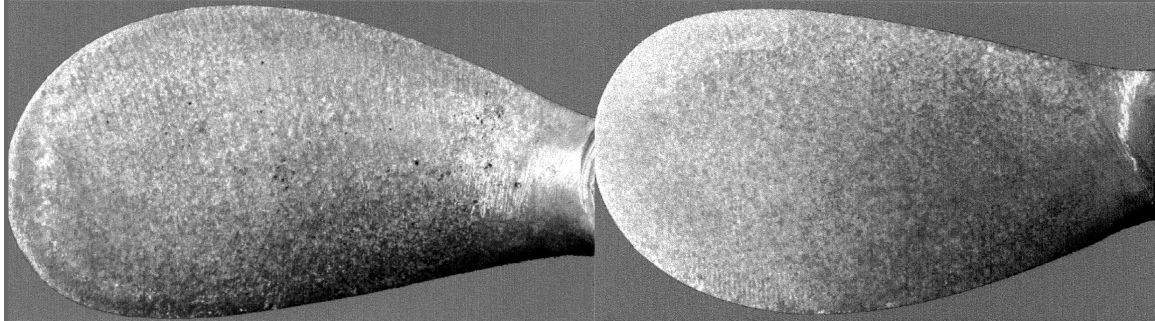


Figura 3 – Macrografias da face e da parte traseira do hélice, mostrando distribuições pouco uniformes dos tamanhos de grão e presença de porosidade, especialmente na face.

Em outros hélices, vemos defeitos ainda mais críticos, como por exemplo na Fig. 4. Este defeito, causado pelo aprisionamento de grande quantidade de gás, foi possivelmente causado por uma temperatura de vazamento excessivamente elevada, como explicado anteriormente.



Figura 4 – Vazio localizado no interior do cubo.

Ainda sobre o processo de vazamento, como o processo é realizado manualmente, de acordo com a Fig. 5, verificamos que não existe o menor tipo de controle quanto à altura de vazamento.



Figura 5 – Operação de vazamento do metal líquido nos moldes e ilustração da variação que normalmente ocorre na altura de vazamento.

A variação dimensional resultante da solidificação e resfriamento do metal líquido vazado é em geral compensada por um acréscimo nas dimensões do padrão de moldagem, no entanto as pequenas fundições visitadas utilizam hélices comerciais como padrões, implicando em controles dimensionais extremamente pobres.

### 3. QFD DO PRODUTO

O método da Casa da Qualidade, também dito como Desdobramento da Qualidade, utiliza uma matriz de planejamento do produto com a finalidade de detectar necessidades do cliente, requisitos de projeto, objetivos e avaliações de competitividade do produto. A abordagem utilizada será aquela introduzida pelo engenheiro japonês Makabe, descrita nas obras de Guinta (1993) e Eureka (1992).

Os valores atribuídos às relações o quê x como são: forte, 5, médio, 3 e fraco, 1. Às necessidades do consumidor são dados valores de 0 a 99, de acordo com a importância atribuída a cada uma delas.

Na faixa inferior da casa da qualidade ("Quanto"), é feita a somatória dos produtos dos valores do consumidor pelos valores da relação o quê x como. Os valores assim obtidos permitem a hierarquização dos requisitos de qualidade, de acordo com a sua maior ou menor importância. Devido ao caráter introdutório deste trabalho, não utilizaremos aqui os recursos do telhado, por considerar que este introduziria complicações adicionais, que em nada contribuiriam para o desenvolvimento da tarefa a que este se propõe.

As necessidades do consumidor apresentadas na casa da qualidade foram identificadas pelos autores e, então, escolhidos requisitos de qualidade para o produto a fim de atendê-las. Como critério de escolha para o desdobramento dos componentes, foram selecionados os quatro requisitos melhor classificados na casa da qualidade.

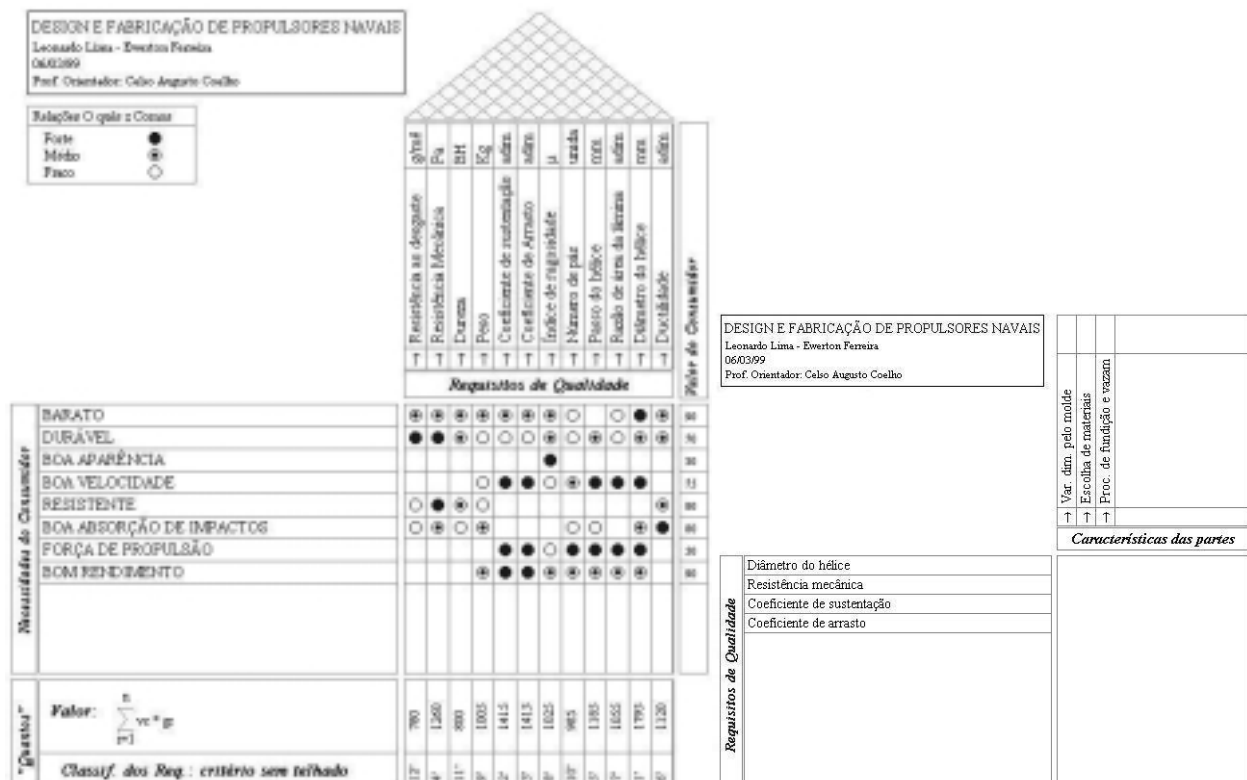


Figura 6 – Casa da Qualidade e desdobramento dos componentes.



**Desdobramento dos componentes.** Os requisitos de qualidade selecionados são então desdobrados em características das partes. Neste caso, são definidas as partes críticas do processo de fabricação que proporcionarão o controle sobre os hélices. Assim, o diâmetro do hélice e os coeficientes de sustentação e arrasto, sofrerão influências principalmente do processo de fundição e vazamento e de variações dimensionais introduzidas pela confecção e características do molde. A resistência mecânica está diretamente relacionada à escolha de materiais e sofre influências do processo de fundição e vazamento.

Nas fases posteriores à Casa da Qualidade, não são realizadas as atribuições de valores, uma vez que já possuímos os itens mais relevantes para o atendimento das necessidades do consumidor.

**Matriz de planejamento dos processos.** As características das partes foram desdobradas em operações de manufatura, que no caso estudado correspondem a: o padrão utilizado, a composição do molde, a granulação da areia, a compactação do molde, a composição química da liga, a temperatura de vazamento e o tempo de resfriamento.

DESIGN E FABRICAÇÃO DE PROPULSORES NAVAIS Leonardo Lima - Ewerton Ferreira 06/03/99 Prof. Orientador: Celso Augusto Coelho		DESIGN E FABRICAÇÃO DE PROPULSORES NAVAIS Leonardo Lima - Ewerton Ferreira 06/03/99 Prof. Orientador: Celso Augusto Coelho		
		Composição do molde Granulação da areia Compactação do molde Padrão utilizado Composição quim. da liga Temperatura de vazament Tempo de resfriamento		
		↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑		
		<b>Operações de manufatura</b>		<b>Requisitos de produção</b>
<b>Características das partes</b>	Variação Dimensional pelo molde		Composição do molde	
	Escolha de materiais		Granulação da areia	
	Proc. de fundição e vazamento		Compactação do molde	
			Padrão utilizado	
			Composição quim. da liga	
			Temperatura de vazamento	
			Tempo de resfriamento	

Figura 7 – Planejamento dos processos e planejamento da produção

**Matriz de planejamento da produção.** Com as operações de manufatura determinadas pode ser planejada a produção. O conhecimento de como confeccionar os moldes de areia, da melhor temperatura de vazamento, de quais os processos que serão utilizados na usinagem, acabamento e balanceamento dos hélices, permitirá determinar o custo da produção e fazer o planejamento da produção.

Não foi realizado o desdobramento do planejamento da produção, pois isto necessitaria de uma equipe de projeto experiente na produção de hélices navais e de um estudo muito mais abrangente sobre este assunto.

#### 4. CONCLUSÃO

Do estudo preliminar sobre o projeto de hélices navais e posteriormente do levantamento das necessidades dos usuários através da aplicação do desdobramento da função qualidade (QFD) resulta a clara necessidade de introduzir um método de dimensionamento dos propulsores mais científico. Para tanto, será necessário obter dados estatísticos referentes às formas dos cascos, cargas deslocadas, grupos motores utilizados etc., que representem as características das embarcações que circulam nos rio da Amazônia.

Verificamos também que esta melhoria no dimensionamento deve ser acompanhada de grandes melhorias no processo produtivo que, em permanecendo a fundição em molde de areia, deverá ter as operações de manufatura do processo produtivo, obtidos através do desdobramento dos requisitos de qualidade hierarquizados na Casa da Qualidade, melhoradas, além dos processos de usinagem e balanceamento que conferem o acabamento final aos propulsores, e que não foram abordados no estudo teórico inicial.

Este trabalho representa o primeiro passo referente à pesquisa 'Otimização de Propulsores Navais tipo Hélice' desenvolvida no Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará, com recursos do FUNTEC / SECTAM e do FINEP, tendo sido iniciada em janeiro do ano corrente.

## REFERÊNCIAS

- Eureka, W. E., Ryan, N. E., 1992, QFD: Perspectivas gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade. Qualitymark, Rio de Janeiro.
- Guinta, L. R., Praizler, N. C., 1993, Manual de QFD. Livros Técnicos e Científicos.
- Loureiro Jr., J. C. S., Siqueira Filho, J. C. A. & Moreira, A. L. S., 1998, Avaliação do processo de fundição de propulsores navais tipo hélice utilizados por embarcações nas condições amazônicas. Anais do IV Congresso de Engenharia Mecânica Norte Nordeste.
- Ullman, D. G., 1992, The mechanical design process. McGraw-Hill Book Co, Singapore.

## AN ALTERNATIVE FOR THE PRODUCTION OF SCREW PROPELLERS IN AMAZÔNIA

***Abstract.** In the Amazon area, shipping is of great importance given the extension of navigable rivers and the absence of alternative meshes in the area, besides from that it constitutes a cheaper mean of transportation. Most of the economic activity of the interior of the amazon states is accomplished by shipping, that involves movement of regional products as well as passengers' transport, thus presenting great relevance for the study of the systems that involve the project and the production of ships and its components. Nowadays, the hull and the screw propellers are the only ones produced in the area, and the propellers have great part of its production accomplished in a handmade way which is based upon the empiricism in small foundries. These foundries are induced to the inefficacy, for they don't control the process, the costs or the quality of its production. The analysis of the systems that compose the ship involve a complex study due to the amount of information that has to be worked, embracing areas of the engineering such as Fluids Mechanics, Mechanics of Solids, Materials, Production etc. Also, the variety of components, like axes and propellers, engines, reducers and the own structure of the ship produce an immense range of data to be analyzed in the naval production. Based on the fact that there isn't a regional research center with competence in naval engineering and that the local industries don't have financial resources, technicians or materials for research and development, the objective of this work is to present a general study on the process used for the production of screw propellers in small foundries, in the metropolitan area of Belém, raising up the parameters that will make it efficient and effective.*

***Keywords:** Screw Propellers, Amazônia, QFD.*