



DADOS PRELIMINARES PARA PROJETO DE EMBARCAÇÕES DE PEQUENO E MÊDIO PORTE

Kazuo Hirata, Maria Rosilene F. Lopez, Alexandre Lania Gonçalves.

Resumo

Este trabalho apresenta dados preliminares de projeto para embarcações de pequeno e médio porte ($L \leq 100$ m) extraídos de um banco de dados em microcomputador, elaborado especialmente para este fim. São apresentados no trabalho, uma descrição do banco de dados e seu manuseio, os gráficos relacionando as características principais das embarcações coletadas e as respectivas regressões polinomiais.

Abstract

This paper presents preliminary design data for small and median size ships ($L \leq 100$ m) obtained from a data bank developed for this specific purpose. The following are presented in the paper, a description of data bank, its use, graphics relating the collected ships main characteristics and respective polynomial regression.

1 Introdução

Devido aos inúmeros e diversificados requisitos de uma embarcação, o seu projeto é bastante complexo. Deve, por exemplo, carregar o máximo de carga e simultaneamente ter baixa resistência hidrodinâmica do casco.

Um recurso para mais facilmente atender a esta diversidade de requisitos na fase inicial de projeto, é utilizar o conceito de "navio semelhante" acoplado ao conceito de espiral de projeto, ambos amplamente empregados em projetos navais.

O uso eficiente destes conceitos depende de uma base de dados bem ordenada, com ampla facilidade de consulta e comparação, que serve para estabelecer características básicas de referência a partir de embarcações já construídas e em operação.

Desta forma o armazenamento racional de informações de embarcações visa facilitar o trabalho de busca de dados, agilizando a execução do projeto, principalmente na sua fase inicial.

Note-se por outro lado a tendência em se criar sistemas especialistas (expert system) para auxílio ao projeto, cujos princípios procuram incorporar a experiência do projetista. A base de dados pode ser um elemento a ser trabalhado neste sentido.

O objetivo deste trabalho é gerar um banco de dados com informações de literatura e produzir algumas informações preliminares a partir da coleta de dados de embarcações de pequeno e médio porte até cerca de 100 m, de forma análoga ao trabalho anterior publicado por K. Hirata & M. R. F. Lopez (1990), no qual foram apresentados dados de embarcações de recreio.

Ao fixar-se um comprimento máximo, pode-se introduzir algumas distorções, nos extremos, mas pareceu que dados para embarcações maiores estão amplamente apresentados na literatura [3, 1, 8, 5, etc.], e estar-se-ia repetindo informações já existentes. Por outro lado, embarcações de pequeno porte, que na realidade existem em maior quantidade e precisam de um mesmo nível de informação, são mais raras na literatura.

Para permitir gerar estes subsídios montou-se um banco de dados em microcomputador, com diversos programas para acesso ao banco, com possibilidade de consultar e extrair as informações

ali contidas, bem como introduzir novos dados. No item 2. faz-se uma descrição mais pormenorizada deste banco.

A utilização destes dados é apresentada no item 3, onde são mostrados basicamente alguns dos dados coletados, em forma gráfica. Estes gráficos são, em geral, os resultados de maior interesse para um projeto preliminar. Apesar de se dispor no banco de vários tipos de embarcação, concentrou-se basicamente em dois tipos de embarcação —rebocadores e cargueiros— para não aumentar excessivamente as páginas do trabalho.

Para efeito de análise econômica ou otimização global de um sistema de transporte, onde normalmente são utilizados programas de computador, é mais conveniente trabalhar diretamente com funções algébricas e não gráficos. Assim, são apresentadas também regressões polinomiais obtidas a partir dos gráficos para os dois tipos de embarcação.

Realizou-se, por fim, algumas comparações com resultados já publicados, como por exemplo o trabalho clássico de Argyriades (1957).

2. DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS

É comum encontrar-se publicado na literatura relativa à embarcações, dados sobre as dimensões principais da embarcação. De posse destes dados, é possível montar uma base de dados que sirva de referência à projeto preliminar de embarcações semelhantes.

Tendo por meta este propósito, elaborou-se um banco de dados contendo informações básicas de embarcações de pequeno e médio porte de até 100 m de comprimento.

2.1 Conteúdo do Banco de Dados

Foi implementado um banco de dados relacional, em microcomputador, utilizando-se o gerenciador de banco de dados Dbase III Plus, contendo os seguintes arquivos:

- a) Identificação do barco, onde estão contidas informações tais como: nome do barco, tipo, armador, referências bibliográficas, observações;
- b) Caracterização do barco, onde estão contidas as informações que caracterizam o barco, tais como: comprimento total, comprimento na linha d'água, comprimento entre perpendiculares, boca moldada, pontal moldado, calado, deslocamento em peso, deslocamento em carga, velocidade, bollard pull, tripulação, raio de ação, endurance, tonelada líquida

da e bruta e capacidade de combustível e de água;

- c) Dados sobre o motor, tais como número de motores, potência do motor, marca, modelo, rotação e redução;
- d) Dados sobre o propulsor, incluindo: marca, diâmetro, passo, número de pás, e AE/AO; O relacionamento entre estes arquivos é feito com base no nome da embarcação. Escolheu-se este atributo como chave, pois é o único que tem uma relação bi-unívoca com a embarcação propriamente dita, ou seja, não existem duas embarcações com o mesmo nome.

O nome adotado para este banco de dados é BARIS e ele é totalmente acessado através de menus. A Figura 1 traz o menu de entrada deste sistema.

BANCO DE DADOS - BARIS EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE ESCOLHA O TIPO DE PROCESSAMENTO

1. INCLUSÃO DE DADOS
2. DELEÇÃO DE UM CONJUNTO DE DADOS
3. MODIFICAÇÃO DOS DADOS
4. CONSULTA AOS DADOS
5. LISTAGEM DOS DADOS
6. EXPORTAÇÃO DOS DADOS
7. FIM DO PROCESSAMENTO ENTRE COM A OPÇÃO DESEJADA:

Figura 1 : Menu de Entrada no Sistema

2.2. Acesso ao Banco de Dados

Foram desenvolvidos programas para efetuar as seguintes operações sobre o banco: a) Inclusão, b) Deleção, c) Modificação, d) Consulta, e) Listagem e, f) Exportação de dados.

Com a operação Inclusão pode-se acrescentar ao banco um ou mais conjuntos de dados.

A operação Deleção é utilizada para retirar do banco conjuntos de dados que não se deseja mais manter.

Na operação de modificação são apresentados os valores dos dados já armazenados no banco e o usuário pode alterá-los. O único campo que não pode ser alterado é o nome do barco, pois ele é a chave de acesso a todos os arquivos. Quando houver erro no nome do barco, deve-se usar a operação de Deleção acima descrita e depois incluí-lo corretamente com a operação de Inclusão.

A operação de Consulta possui várias opções de recuperação dos dados, como pode ser visto na Figura 2.

**BANCO DE DADOS
ESCOLHA O TIPO DE CONSULTA**

1. APRESENTACAO DE TODOS OS DADOS NA TELA
2. CONSULTA PELO NOME DO BARCO
3. CONSULTA PELO TIPO DO BARCO
4. CONSULTA POR UMA FAIXA DE VALORES
5. FIM DA CONSULTA

ENTRE COM A OPCAO DESEJADA —>

Figura 2 : Menu Inicial das Consultas

Para todas as opções de consulta os dados são apresentados na tela. As consultas implementadas no banco, até o momento, são.

- a) apresentação, na tela, dos dados de todos os barcos;
- b) apresentação, na tela, dos dados de um ou mais barcos, através da especificação do nome do barco;
- c) apresentação, na tela, de uma tabela como os principais dados de todos os barcos contidos no banco e que são de um determinado tipo;
- d) apresentação, na tela, dos dados de um ou mais barcos, através da especificação de uma faixa de valores. Dentro desta opção o usuário pode escolher entre seleção por faixa de valores dimensionais ou adimensionais. A primeira compreende os valores do comprimento entre perpendiculares, boca moldada, calado, deslocamento em peso ou potência. A segunda compreende os valores de L/B, B/H e CB. Por exemplo, recuperar os dados de todos os barcos cujo comprimento entre perpendiculares varia entre 40 e 50 metros. O menu de escolha para recuperação por faixa de valores dimensionais pode ser visto na Figura 3 e o menu para faixa de valores adimensionais na Figura 4. Nas opções de seleção por faixa de valores dimensionais, o usuário pode escolher entre recuperar todos os dados do barco ou somente uma tabela como os principais dados

do barco. Um exemplo desta tabela pode ser visto na Figura 5. Para a seleção por valores adimensionais são mostrados somente os principais dados do barco.

**BANCO DE DADOS
ESCOLHA O TIPO DE CONSULTA
POR FAIXA DE VALORES DIMENSIONAIS**

1. CONSULTA POR UMA FAIXA DE COMPRIMENTO ENTRE P. P.
 2. CONSULTA POR UMA FAIXA DE BOCA
 3. CONSULTA POR UMA FAIXA DE CALADO
 4. CONSULTA POR FAIXA DE DESLOCAMENTO
 5. CONSULTA POR FAIXA DE POTENCIAS
 6. FIM DA CONSULTA POR FAIXA DE VALORES
- ENTRE COM A OPCAO DESEJADA —>

Figura 3 : Menu de Consulta por Faixa de Valores Dimensionais

**BANCO DE DADOS
ESCOLHA O TIPO DE CONSULTA
POR FAIXA DE VALORES ADIMENSIONAIS**

1. CONSULTA POR UMA FAIXA DE L/B
 2. CONSULTA POR UMA FAIXA DE B/H
 3. CONSULTA POR UMA FAIXA DE CB
 4. FIM DA CONSULTA POR FAIXA DE VALORES
- ENTRE COM A OPCAO DESEJADA —>

Figura 4 : Menu de Consulta por Faixa de Valores Adimensionais

Na opção Listagem o usuário tem as mesmas opções que na Consulta, só que as informações

NOME DO BARCO	TIPO DEO BARCO	COMP. PP	BOCA	CALADO	DESLOC	POTENCIA
Ambience	Cargueiro	47.75	9.20	3.35	1140	468
Argungu	Supply	45.40	10.00	3.30	0	1120
Baltica		50.00	12.00	3.70	1238	3520
Lady Chitel Jawara	Passageiro	47.75	9.20	2.29	0	1000
Mt Endere	Ferrie	46.00	9.50	2.40	0	996
River Tamar	Tanque	47.75	9.20	3.36	0	575
Smit-Lloyde 56	Supply	50.00	12.20	5.06	2537	0

Figura 5. Listagem dos Barcos Contidos na Base de Dados com Comprimento entre Perpendiculares entre 45 e 50 m.

recuperadas vão diretamente para a impressora. Um exemplo da listagem dos dados de uma embarcação pode ser visto na Figura 6.

IDENTIFICACAO DO BARCO	
Nome do Barco (Boat Name) : LAGOA GAUCHA Tipo: REBOCADOR Armador (Owner) : CNLB, BRAZIL Referencia : S&B JUN - 1983 Obs : PORT/COASTAL TUG	
CARACTERISTICAS GERAIS Comprimento Total (Length o. a.) : 30.35 m Comprimento na Linha D'agua (Length w. l.) : 0.00 m Comprimento entre Perpendiculares (Length p. p.) : 27.63 m Boca Moldada (Breadth mld) : 8.53 m Pontal Moldado (Depth mld) : 4.68 m Calado (Draught) : 4.20 m Deslocamento (Displacement) : 474 ton Deslocamento em Carga (Deadweight) : 0 ton Velocidade : 11.5 nos Bollard Pull : 31.00 Ton Tripulacao (Crew) : 10 Raio de Acao. (Range) : 0 M.N. Endurance : 0 Horq Tonelada Liquida (Net Ton) : 0.0 Tonelada Bruta (Gross Ton) : 0.0 Capacidade de Armazenamento de: Combustivel —> 119 ton Agua doce —> 16 ton OBS :	
MAQUINA PRINCIPAL Número de Motores : 1 Potencia : 2100 HP Marca : DAIHATSU Modelo : BVSHT CM-26E Rotacao : 720 RPM Reducao : 3.500 OBS	
PROPULSOR Marca : LIPS Diâmetro : 0.00 m Número de Pas : 0 P/D : 0.000 AE/AO 0.000 Obs.	

Figura 6. Listagem dos Dados de Um Barco

A última operação (Exportação) é utilizada para se criar arquivos compatíveis com o software planilha Quattro. Nesta opção, o usuário pode escolher entre exportar todos os dados do banco, exportar os dados de todos os barcos de um deter-

minado tipo ou exportar os dados dos barcos que possuam uma certa característica dentro de uma faixa de valores. Esta última opção tem os mesmos tipos de seleção que a operação de Consulta. Os arquivos gerados são usados para posterior tratamento gráfico dos dados. O capítulo seguinte deste trabalho trata justamente de informações coletadas a partir da base de dados que estão armazenados em arquivos compatíveis com a planilha.

No momento tem-se um conjunto integrado de 52 programas, que permitem o gerenciamento da base de dados e a execução das tarefas acima descritas. O banco contém dados de cerca de 200 embarcações.

2.3. Futura ampliação do Banco de Dados

No futuro, pretende-se ampliar as funções deste banco de dados de várias formas, como alinhavadas a seguir:

a) Exportar dados com escolha livre para cada um dos dados. No momento os tipos de dados a serem exportados estão pré-determinados.;

b) incluir sistemas de proteção, tais como chaves de acesso, para que determinadas operações só possam ser efetuadas por pessoas que possuam a senha. Isto é muito importante, principalmente na operação de Deleção, pois um usuário menos avisado pode destruir as informações contidas no banco;

c) integrar este banco com outros correlatos. Por exemplo um banco contendo informações sobre motores existentes no mercado;

d) implementação deste banco usando-se o gerenciador de banco de dados DATAFLEX instalado num MX-850 da Elebra, de forma a torná-lo acessível dentro de uma rede local de terminais e microcomputadores.

3. Características de embarcações obtidas do banco de dados

De posse do sistema descrito no item 2, torna-se mais fácil elaborar gráficos que relacionam as características das embarcações, que possam ser representadas através de relações empíricas ou semi-empíricas. Tais relações são úteis como valores preliminares em si, ou para dar partida em modelos de síntese, estudos econômicos, etc.

Uma vez que os dados estão armazenados, pode-se efetuar estudos, sem necessidade de se fixar nos gráficos mais convencionais, já que a manipulação dos dados se processa de forma

bastante dinâmica, sendo esta a grande vantagem do banco.

Para efeito de exemplificação deste procedimento, fixou-se dois tipos de embarcação, rebocadores e graneleiros/cargueiros (Gran/Car) para os quais levantou-se uma série de gráficos e regressões, que são apresentados neste capítulo. O banco contém ainda dados de navios tanques, pesqueiros, supply boats, passageiros, etc., que ficarão para o futuro.

3.1. Gráficos para Rebocadores

Na primeira série de gráficos (Fig. 7 a 14), apresenta-se os dados mais básicos, que são as características dimensionais em relação ao comprimento entre perpendiculares L_{pp} : BHP x L_{pp} , V x L_{pp} , BPull x L_{pp} , B x L_{pp} , H x L_{pp} , D x L_{pp} . Em seguida, os gráficos de: V x BHP, BPull x BHP.

A curva em linha cheia nos gráficos, foi obtida por regressão e está explicada com mais detalhes no item 3.3.

Observa-se através das figuras, que tem-se no banco rebocadores de 15 á 45 m de comprimento, boca de 5,5 á 13 m, calado de 2,5 á 5,0 m, velocidades variando de 10 á 15 nós, potência de 500 á 9000 HP e Bollard Pull de 10 á 100 t.

Os gráficos auxiliares, ainda dimensionais de H x D, B x H, D x B (Fig. 15 á 17) completam esta série.

Um gráfico que certamente deve apresentar boca correlação é o de BPull*V x BHP, que correlaciona o produto da velocidade de avanço por BPull com a potência instalada. Isto de fato ocorre, com exceção de um ponto, como pode ser observado na Figura 18.

Na sequência são apresentados os gráficos adimensionais de: $(L_{pp}/B \times L_{pp})$, $(L_{pp}/H \times L_{pp})$, $L_{pp}/D \times L_{pp}$, B/H x L_{pp} (Fig. 19 á 22)

3.1.1 Comentários Sobre as Curvas dos Rebocadores

3.1.1.1 Comparação com Argyriades (1957)

Algumas comparações com o trabalho de Argyriades (1957), são vistos nas Figuras 8, 10-12, 19-22. Tendo sido utilizadas na maioria as curvas de rebocadores europeus, pode ser observado que existem diferenças, algumas pronunciadas.

Deve ser lembrado que o trabalho de Argyriades é um pouco antigo e podem ter ocorrido mudanças nas tendências básicas das dimensões deste tipo de embarcação. A curva V x L_{pp} (Fig. 8), mostra que houve um aumento da velocidade para o

mesmo comprimento. Houve ainda um aumento na boca dos rebocadores (Fig. 10), e também no pontal, mas de forma menos acentuada (Fig. 12). Estas tendências podem ser correspondentemente observadas nos adimensionais (Fig 19 á 21).

3.1.1.2 Comparação com Grandes Lagos

Elste et alli (1976), sugerem algumas expressões para dimensões de características de rebocadores para os grandes lagos, que estão traçadas em alguns casos. Nota-se que o pontal destes rebocadores é muito maior do que aqueles contidos no banco (Fig. 12); o calado (Fig. 11) também se apresenta maior, mas se aproximando da curva anterior para comprimentos maiores. A boca, em contrapartida, é menor em toda a faixa de comprimentos (Fig. 10).

3.2 Gráficos para Graneleiros/Cargueiros (Gran/Car)

O segundo exemplo de conjunto de dados que é apresentado refere-se a cargueiros e graneleiros de pequeno porte, bastante empregados na Europa, mas pouco empregados no continente americano; uma exceção recente é descrita em Mazzei e Terry (1981).

Tendo em vista que os dados destes dois tipos de embarcação tinham uma certa semelhança, decidiu-se agregar os dois tipos. É claro que, como já enfatizado, a qualquer momento é possível separar o conjunto de dados e efetuar uma nova análise.

Na primeira série de dados (Fig. 23 á 31) são apresentados os dados dimensionais BHP x L_{pp} , V x L_{pp} , B x L_{pp} , H x L_{pp} , D x L_{pp} , DWT x L_{pp} . Em seguida os gráficos de: BHP x V, BHP x DWP e Vel x DWT.

Nota-se nos gráficos que o banco dispõe de cargueiros / graneleiros com comprimentos variando de 50 á 80 m, boca de 9 á 18 m, calado de 3 á 9 m, pontal de 3 á 10 m, velocidades de 10 á 14 nós, BHP de 500 á 3500 hp e DWT de 1000 á 6000 t.

Os gráficos dimensionais complementares de H x D, B x H, D x B, D x DWT, B x DWT estão apresentados nas Figuras 32 á 36.

Um gráfico que deve apresentar boa correlação é o $L_{pp}^*B \times DWT/H$, pois define uma área no plano de linha d'água. De fato isto ocorre como pode ser observado na Figura 37. Outro gráfico que deve ter também boa correlação é o $(L_{pp}/B \times H) \times DWT$, pois representa uma relação entre a carga e o volume da caixa LBH, e isto pode ser verificado na Figura 38. Pode se observar que a despeito de se ajustar um polinômio de grau 3, nitidamente pode-

se concluir que uma reta é a melhor expressão a ser empregada para este gráfico.

As Figuras 39, 40 e 41 apresentam as curvas de $H \times V$, $D \times V$ e $B \times V$.

Os gráficos adimensionais em função de DWT, $L_{pp}/B \times L_{pp}$, $B/H \times DWT$, $L_{pp} \times DWT$, $L/D \times DWT$, estão apresentados nas Figuras 42 a 45. Complementarmente os dados de $L_{pp}/B \times V$, $B/H \times V$, $L_{pp}/H \times V$, estão apresentados nas Figuras de 46 à 48.

Os coeficientes de potência adimensionalizados (tipo coeficiente de almirantado) $BHP/(V DWT) \times V$ e $BHP/(V DWT) \times DWT$, estão nas Figuras 49 e 50. Adicionalmente plotou-se tais valores contra o adimensional de Froude ($V/\sqrt{g \cdot L}$) na Figura 51, permitindo observar melhor o desempenho hidrodinâmico do sistema. Nota-se neste gráfico que para $Fr < 0,26$ tem-se um valor mais constante para o coeficiente, enquanto que para $Fr > 0,26$ existe um aumento pronunciado na potência, para os dados armazenados.

Os gran/car apresentados são, em sua maioria, embarcações que operam no Mar do Norte, e portanto satisfazem aos requisitos desta região. Seria necessário investigar que tipos de restrições estão impostas à estas embarcações que poderiam eventualmente distorcer suas características, como por exemplo sofrem os navios que atravessam o canal do Panamá.

No entanto, observando-se dados como aqueles apresentados por Taggart (1983), que trata de embarcações de maior porte, verifica-se que existe uma continuidade das curvas nas extremidades superiores, como exceções da curva $L_{pp} \times DWT$. Este fato se explica pela limitação de comprimento na coleta dos dados. Ao se limitar o comprimento, pode-se estar gerando uma tendência errônea nas extremidades. Pode-se verificar que no gráfico $L_{pp} \times DWT$ (Fig. 28) existem alguns barcos com elevado DWT, mas comprimento restrito à 80 m. Na realidade seria mais correto continuar a coletar dados com comprimentos maiores, e então a tendência desta curva seria provavelmente outra. Comparando-se assim nossos dados com os de Taggart, nota-se que a continuação natural da curva é realmente aquela que existe quando se elimina os 4 pontos de maior DWT.

3.3 Regressões

Para cada gráfico apresentado, está listada uma função polinomial correspondente, obtida por regressão de mínimos quadrados. Nestas regressões retirou-se alguns pontos anômalos, para aumentar a consistência da correlação. Assim, estão indicados nas figuras pontos (com círculos) que não foram considerados nas regressões. São barcos que por algum tipo de restrição, têm dimensões diferenciadas e portanto afastadas das

tendências da maioria e sua inclusão distorceria completamente as curvas ajustadas.

Surge aqui a pergunta de qual a melhor expressão a ser empregada nos ajustes. Existem variáveis que são linearmente dependentes entre si. Nestes casos é evidente que a reta é a melhor aproximação.

A melhor solução seria tentar obter uma expressão que fosse elaborada a partir de argumentos racionais, fundamentadas em princípios físicos, o que aumentaria substancialmente o alcance das expressões. Entretanto, tal racionalidade é difícil de ser expressada em função da variedade de requisitos a que está submetido o projeto, conforme já mencionado. Assim, arbitrariamente escolheu-se funções polinomiais, a maioria de grau 3, que frente ao número de dados, não comprometem por excessiva oscilação e permite mostrar alguma tendência que pode ser investigada com mais detalhes em fase posterior. Nesta situação, aquelas curvas com tendência para retas são mais claramente detectadas. A vantagem da existência de um banco como este é que facilmente pode-se efetuar novos tipos de ajustes, uma vez estabelecidas bases mais racionais, ou por qualquer outra especificidade do projeto. Além disso, existe a possibilidade de se selecionar alguns barcos mais específicos, caso necessário, através dos programas de consulta e, rapidamente, poder-se aplicar estas regressões de forma mais dirigida.

Os coeficientes de cada regressão e o valor do desvio quadrático (RMS), estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. Deve ser enfatizado que estes polinômios só valem para o intervalo de dados existentes. Fora do intervalo os polinômios não têm nenhum significado.

Infelizmente nos dados de literatura, em geral, não estão publicados os dados de deslocamento. Isto, do ponto de vista hidrodinâmico, torna difícil uma análise mais aprofundada dos aspectos de propulsão, que seria uma etapa posterior de trabalho. Desta forma, poder-se-ia elaborar uma análise entre os dados de velocidade e potência instalada, correlacionadas com estimativas de potência obtidas através de dados publicados em literatura, como séries sistemáticas ou regressões de dados de ensaios de modelo. Na realidade este é um dos aspectos de maior interesse dos autores, para o futuro.

Alguns dados comuns necessários ao projeto preliminar, também não estão apresentados, pois normalmente não se encontram diretamente publicados nas descrições mais convencionais das embarcações. Por exemplo, pesos da máquina principal, de equipamentos, etc. O peso de máquinas é facilmente contornável, bastando montar um banco de motores, que será elaborado em futuro próximo. Em relação aos equipamentos e outros itens de peso, seria necessário efetuar uma pesquisa à parte, para se poder incluir/gerar esta base

de informação. Estas considerações devem ser extendidas para os aspectos de estabilidade —por exemplo, uma expressão de GM como sugerida por Argyriades (1957) para rebocadores— e requisitos estruturais, o que completaria um conjunto mínimo de informações de caráter preliminar para o projeto. No caso da estabilidade dos Cargueiros/graneleiros, pode ser observado que a curva sugerida em Watson (1964) para estabilidade moderada, cobre praticamente todos os navios armazenados até a presente data, como mostra a Figura 34.

4 CONCLUSÕES

O uso de informações de “semelhantes” em engenharia naval é uma ferramenta ainda hoje amplamente empregada, a despeito de consideráveis avanços na racionalização do projeto. O risco de se cometer um erro drástico, diminui na proporção em que se baseie em barcos em operação. Assim dados levantados da literatura e armazenados de forma consistente, permitem obter de forma rápida valores preliminares de projeto. Neste sentido o banco de dados aqui apresentado cumpre esta finalidade.

O uso deste banco procurando extrair correlações entre suas características como apresentadas na segunda parte, facilita também a busca de informações pela visão mais gráfica de valores, essencial à um projeto de engenharia, que não pode ater-se a tabelas e números. Outro aspecto é que estão inclusos nos gráficos, não apenas a tendência, mas os dados efetivos das embarcações armazenadas, o que facilita a análise de casos especiais.

Com respeito às regressões, elas podem ser utilizadas, desde que observadas as ressalvas já mencionadas, mormente as distorções que podem ocorrer nas extremidades das curvas, principalmente dos gran/car que foram restritos a um comprimento máximo de 100 m. Outro aspecto que se reenfatiza é a validade destas regressões. Elas se aplicam à restrita faixa de dados existentes e não podem ser extrapoladas.

5. RECOMENDAÇÕES

Com relação ao banco de dados (item 2), diversas melhorias estão previstas, conforme apresentadas ao final daquele item. Basicamente, seriam aumentar as possibilidades de consulta e facilitar o uso daquelas já implementadas. A extensão para maiores comprimentos pode diminuir algumas eventuais distorções que pos-

sam ter ocorrido, sendo uma das tarefas para o futuro.

Com relação ao tratamento dos dados armazenados (item 3), procurou-se explorar os dados coletados tentando obter relações que permitissem extrair curvas preliminares para projeto, ou pelo menos tendências que permitam fornecer subsídios iniciais. Os gráficos apresentados na segunda parte do trabalho são alguns dos resultados já obtidos; entretanto, não refletem a massa de informações coletadas, existindo possibilidades para outros resultados, seja para as embarcações exemplificadas, ou outras embarcações que não foram analisadas.

Um aspecto a ser lembrado é que o banco se constitui no momento de dados de década passada (80), e está atualizado. A manutenção de uma coleta sistemática, incluindo-se uma busca por faixa de anos pode ser uma alternativa a ser desenvolvida no programa atual.

Uma meta mais ambiciosa e desejável seria introduzir os aspectos de propulsão com mais detalhes. Aqui esbarra-se em algumas dificuldades. A primeira é a ausência de informações sobre o deslocamento na maioria dos dados; a outra é a informação sobre o propulsor também quase inexistente. A despeito disso, é uma etapa imprescindível para completar o trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aaron, P. (1964) Container Ships. *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, Glasgow, V 108, p. 252-266.
2. Argyriades, D. A. (1957) Modern Tug Design with Particular Emphasis on Propeller Design, Maneuverability, and Endurance *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, New York, v. 65, p. 363-444.
3. CARGOS WORLD (1980-1983) Hamburg: Seehagen - Verlag Erik Blumengeld.
4. Elste, V. H. et al (1976) Seaway and Overseas Trade: Great Lakes Seaway Transport Analyses *Marine Technology*, New York, v 13, n. 1, p. 59-84, Jan.
5. Gilfilan, A. W. (1964) Preliminary Design By Computer *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, Glasgow, v. 108, p. 252-266.
6. Hirata, K., Lopez, M. R. F. (1990) Dados Preliminares para o Projeto de Embarcações de Planeio In *Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval*, 13., Rio de Janeiro: SOBENA v.
7. Mazzei, J. D., Terry, R. G. (1981) Revival of the Coaster Tanker: Development and Construction of a U. S. Flag 2500-DWT Product Carrier *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, v. 89, p. 155-178.
8. Parker, T. J. (1964) First Approximations to the Dimensions of Large Oil Tankers” *Transactions of*

- the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Glasgow, v 108, p. 229-251.
9. Rawson, K. J., Tupper, E. C. (1976) *Basic Ship Theory*, 2 ed. London: Longman. V. 2.
 10. Roach, C. D. (1954) Tugboat Design *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, New York, v. 62, p. 593-642.
 11. Serrão, J. B. (1973) Considerações Sobre Instalações Propulsoras de Pequenas Embarcações In: *Congresso Nacional de Transportes Marítimos e*

Construção Naval, 4., Rio de Janeiro Rio de Janeiro SOBENA 134 p.

12. SHIP & BOAT INTERNATIONAL (1976-1985). London: Metal Bulletin PLC Company.
13. Taggart, R., ed (1983) *Ship Design and Construction*. New York: SNAME. 738 p.
14. VOITH-SCHNEIDER (s.d.) Catálogos Comerciais.
15. Watson, D. G. M. (1964) Estimating Preliminary Dimensions in Ship Design *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, Glasgow, v. 108, p. 110-184.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aron, P. (1964) *Container Ship Design*, Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland Glasgow, V 108, p. 252-266.
2. Aron, P. (1967) *Modern Tug Design*, Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland Glasgow, V 108, p. 252-266.
3. CARGO WORLD (1980) Hamburg, Germany.
4. Elise, V. H. et al (1978) *Seaway and Overseas Trade, Great Lakes Seaway Transport Analysis*, Marine Technology, New York, v 13, n. 1, p. 29-34.
5. Gillian, A. W. (1982) *Preliminary Design By Computer*, Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland Glasgow, v 108, p. 252-266.
6. Hirata, K., Lopez, M. F. (1990) *Dados Preliminares para o Projeto de Embarcações de Pequeno Porte*, Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval, 13. Rio de Janeiro: SOBENA.
7. Mather, J. D., Terry, R. G. (1981) *Revel of the Coastal Tanker Development and Construction of U.S. Flag 2500-DWT Product Carrier*, Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, v. 89, p. 155-175.
8. Palmer, T. O. (1984) *First Approximations to the Dimensions of Large Oil Tankers*, Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland Glasgow, V 108, p. 252-266.

A CONCLUSÃO

O uso de informações de "semelhantes" em engenharia naval é uma ferramenta ainda hoje amplamente empregada a despeito de consideráveis avanços na racionalização do projeto. O uso de se cometer um erro básico, diminui na proporcão em que se baseie em dados em operação. Assim dados levantados da literatura e armazenados de forma consistente, permitem obter de forma rápida valores preliminares de projeto. Neste sentido o banco de dados aqui apresentado cumpre esta finalidade.

O uso deste banco possibilita extrair comparações entre suas características como apresentadas na segunda parte, facilitando também a busca de informações pela via de mais gráficos de valores essenciais a um projeto de engenharia, que não pode ser se a tabelas e números. Outro aspecto é que estão incluídos nos gráficos, não apenas a tendência, mas os dados elevados das embarcações armazenadas o que facilita a análise de casos especiais.

Com respeito às regressões, elas podem ser utilizadas desde que observadas as ressalvas já mencionadas, momento as informações que podem ocorrer nas extremidades das curvas, principalmente dos gráficos que foram restitidos a um comprimento máximo de 100 m. Outro aspecto que se ressalta é a validade destas regressões. Elas se aplicam a restitua taxa de dados existentes e não podem ser extrapoladas.

2. RECOMENDAÇÕES

Com relação ao banco de dados (item 2.1) diversas melhorias estão previstas e contornadas me apresentadas ao final deste item. Basicamente, podem ser aumentadas as possibilidades de consulta e facilitar o uso de dados já implementados. A extensão para maiores comentários pode diminuir algumas eventuais distorções das posições

REBOCADORES

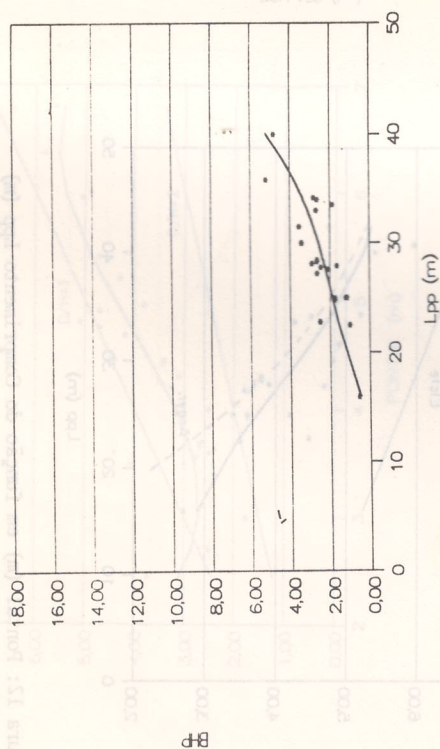


Figura 7: Potência do Motor (BHP) em função do Comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

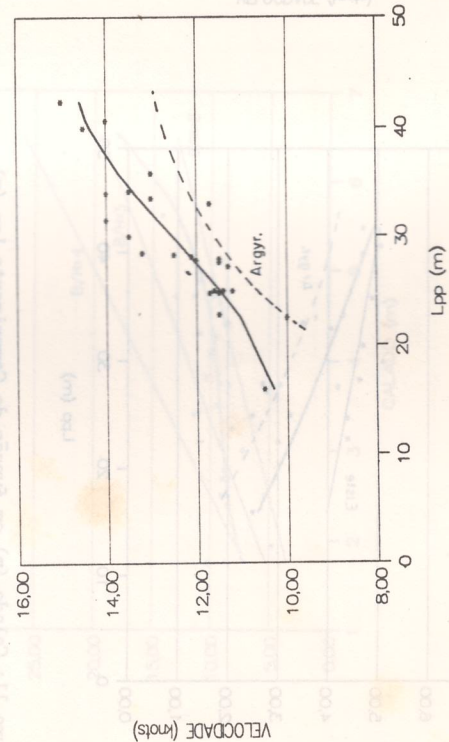


Figura 8: Velocidade (knots) em função do Comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

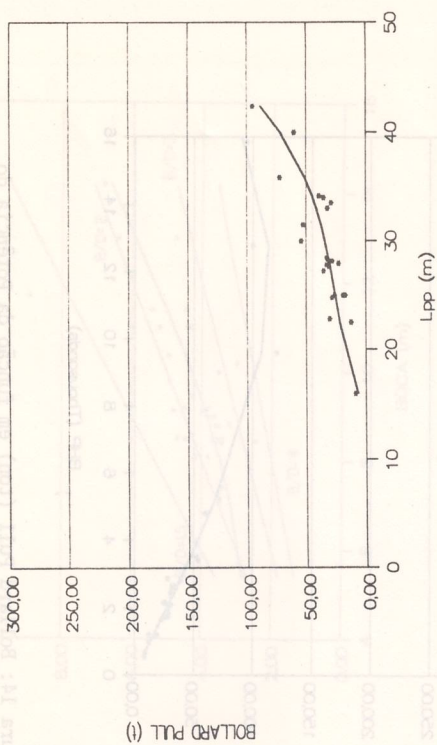


Figura 9: Bollard Pull (ton) em função do Comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

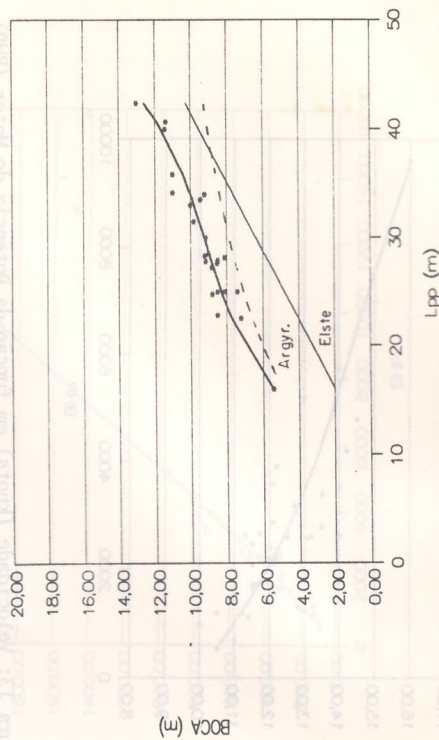


Figura 10: Boca (m) em função do comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

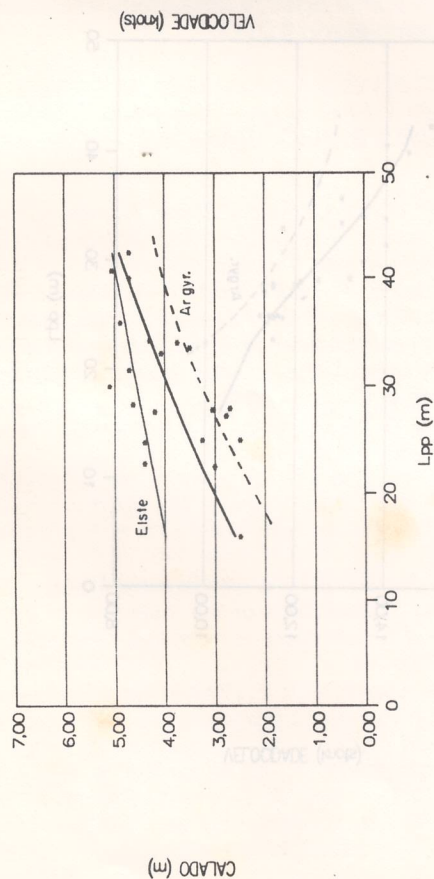


Figura 11: Calado (m) em função do Comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

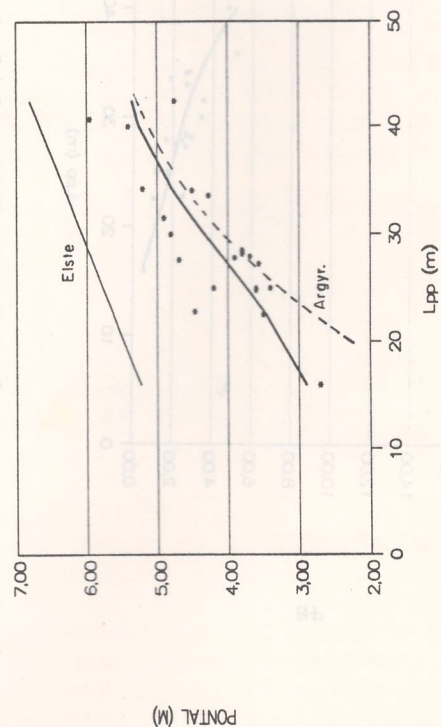


Figura 12: Pontal (m) em função do Comprimento Lpp (m)

REBOCADORES

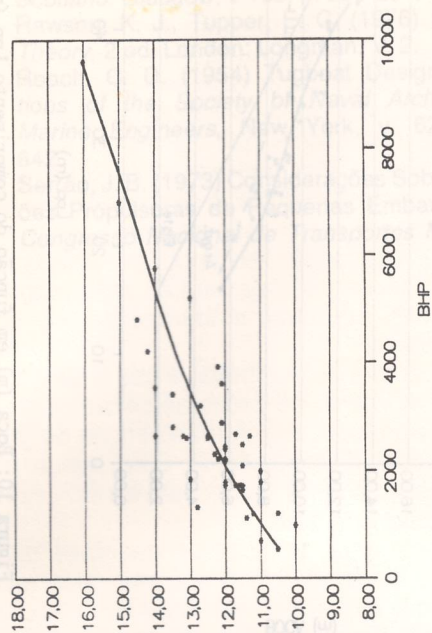


Figura 13: Velocidade (knots) em função da Potência do Motor (BHP)

REBOCADORES

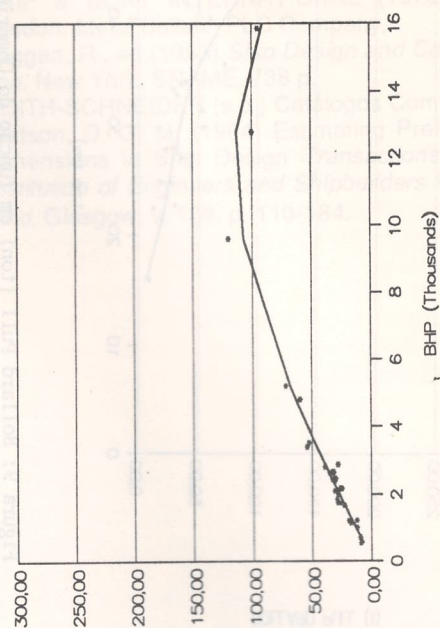


Figura 14: Bollard Pull (ton) em função da Potência do Motor (BHP)

REBOCADORES

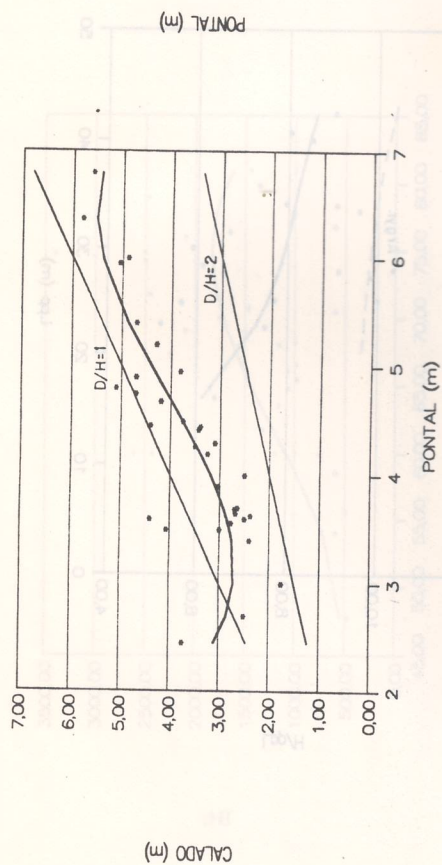


Figura 15: Calado (m) em função do Pontal (m)

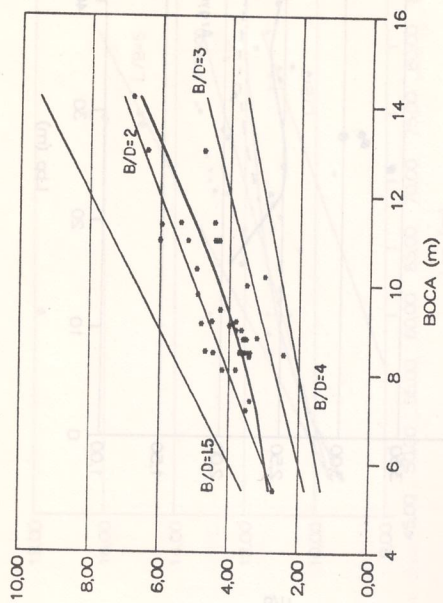


Figura 17: Pontal (m) em função da Boca (m)

REBOCADORES

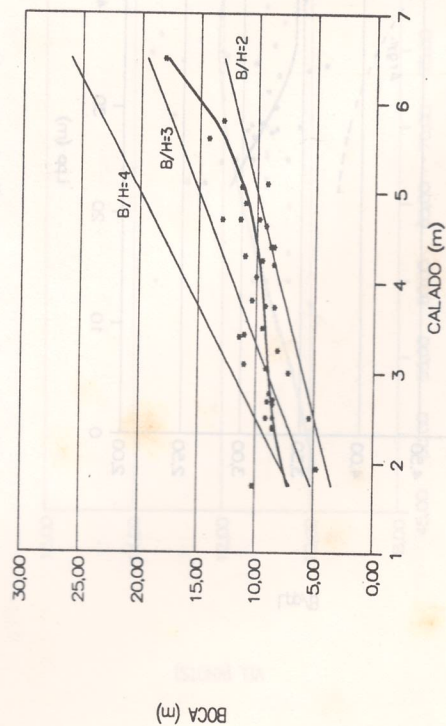


Figura 16: Boca (m) em função do Calado (m)

REBOCADORES

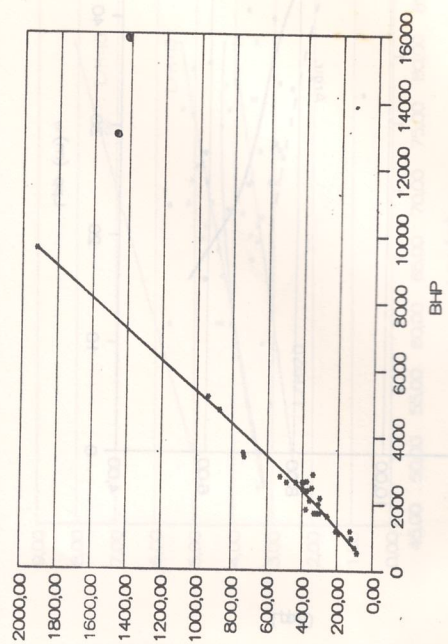


Figura 18: Bollard Pull x Velocidade (ton x nos) em função da Potência do Motor (BHP)

REBOCADORES

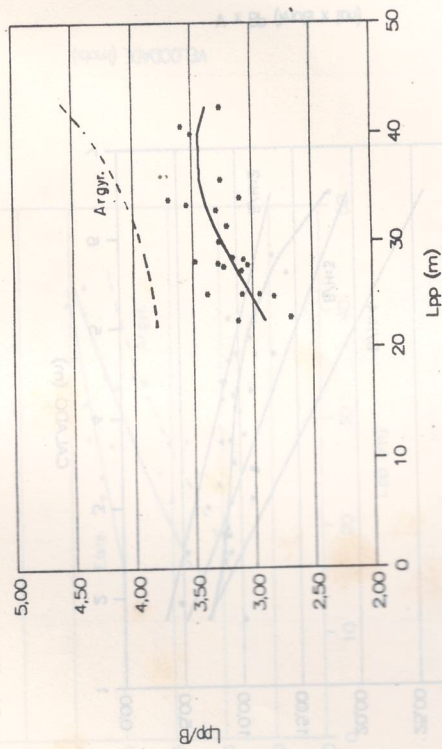


Figura 19: ($L_{pp}/Boca$) em função do Comprimento L_{pp} (m)

REBOCADORES

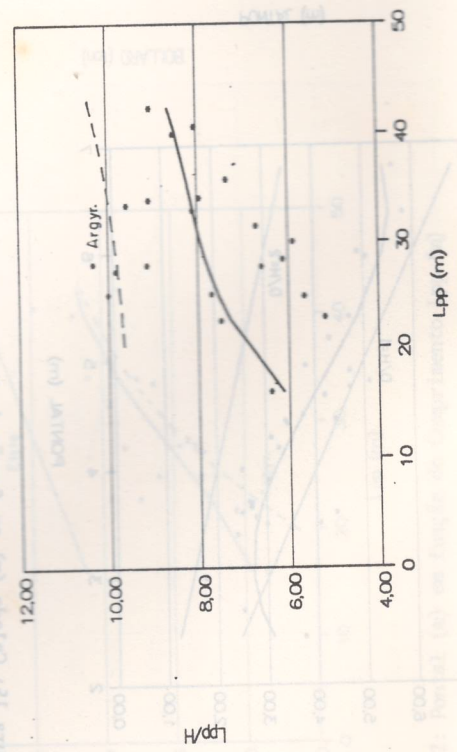


Figura 20: ($L_{pp}/Calado$) em função do Comprimento L_{pp} (m)

REBOCADORES

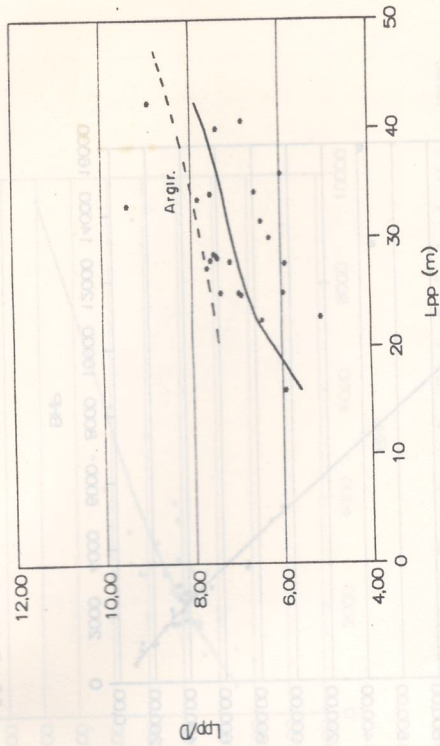


Figura 21: ($L_{pp}/Pontal$) em função do Comprimento L_{pp} (m)

REBOCADORES

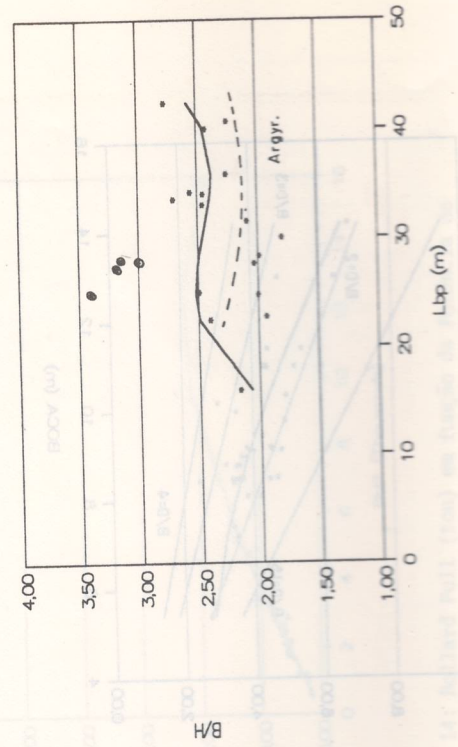


Figura 22: ($Boca/Calado$) em função do Comprimento L_{pp} (m)

CAR/GRAN

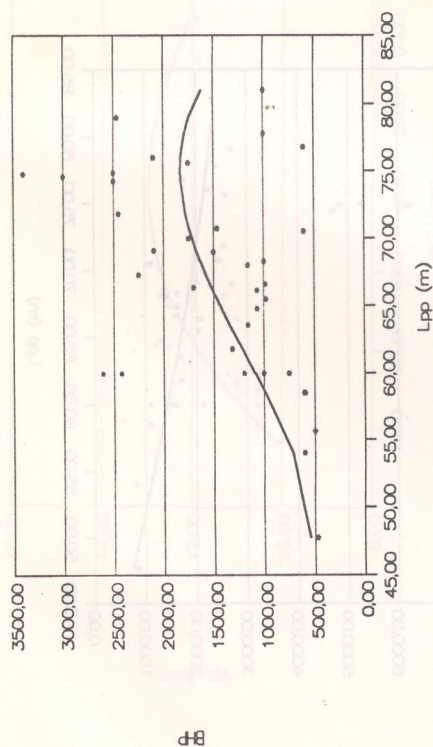


Figura 23: Potência do Motor (BHP) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

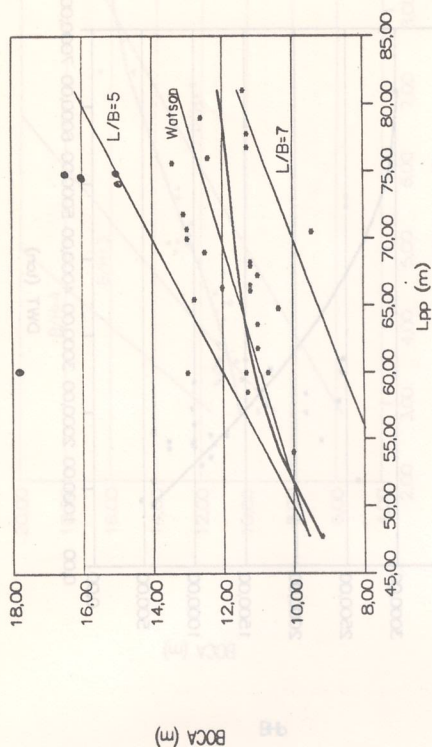


Figura 25: Boca (m) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

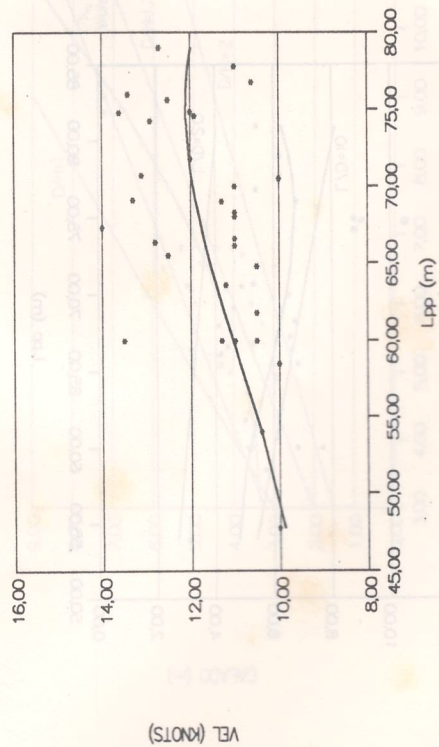


Figura 24: Velocidade da Embarcação (knots) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

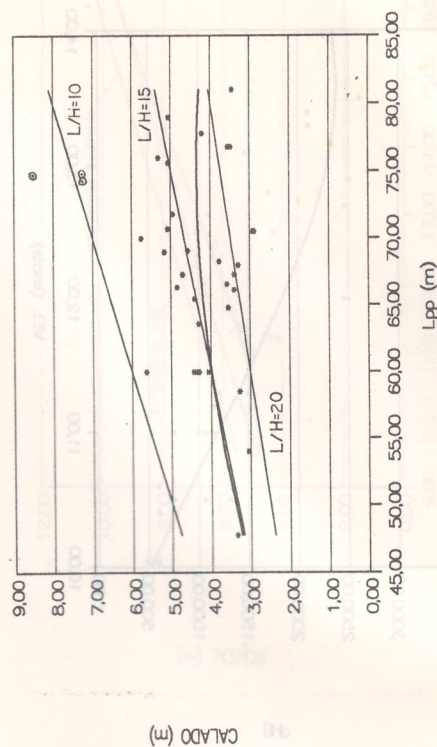


Figura 26: Calado (m) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

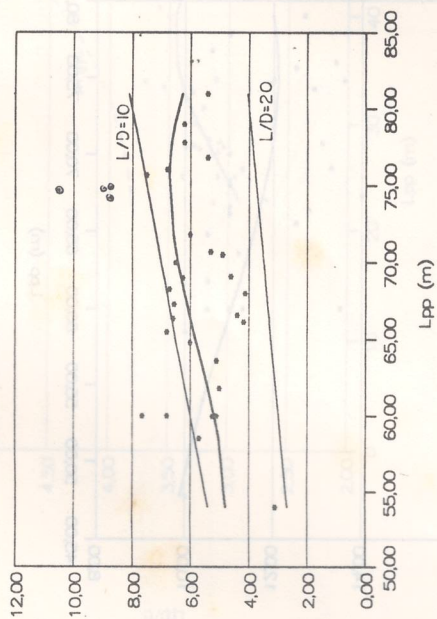


Figura 27: Pontal (m) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

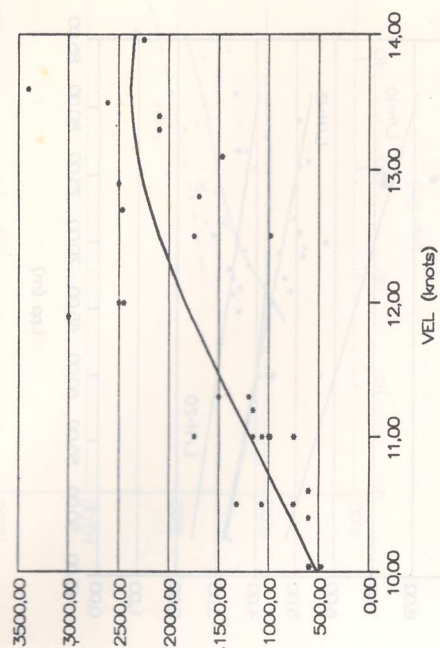


Figura 29: Potência do Motor (BHP) em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

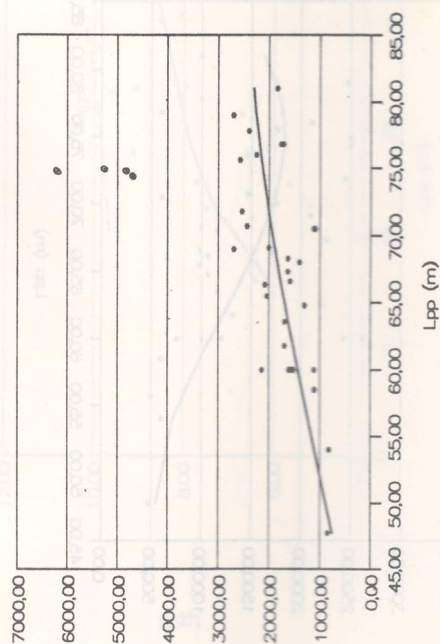


Figura 28: Deadweight de Carga (ton) em função do Comprimento Lpp (m)

CAR/GRAN

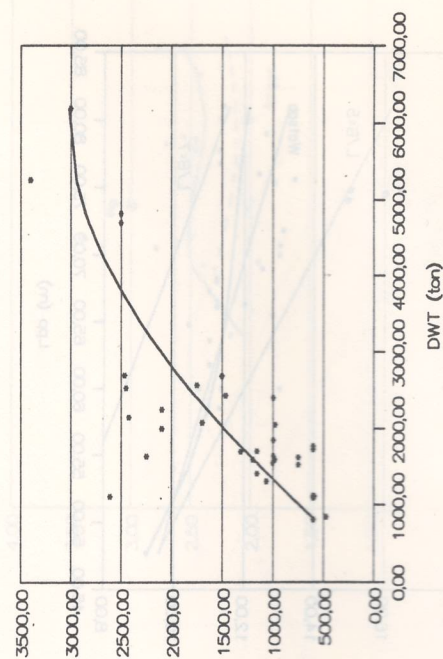


Figura 30: Potência do Motor (BHP) em função do Deaweight de Carga (ton)

CAR/GRAN

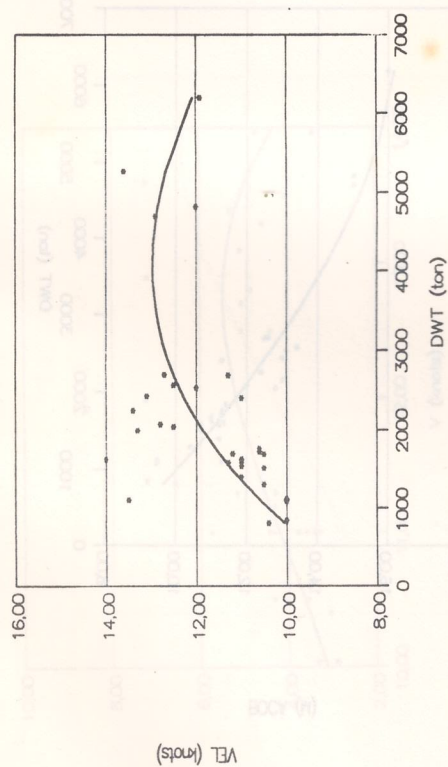


Figura 31: Velocidade (knots) em função do Deadweight de de Carga (ton)

CAR/GRAN

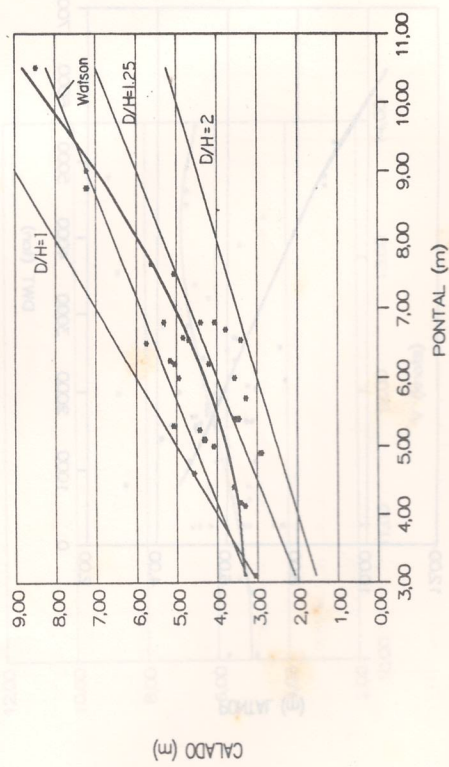


Figura 32: Calado (m) em função do Pontal (m)

CAR/GRAN

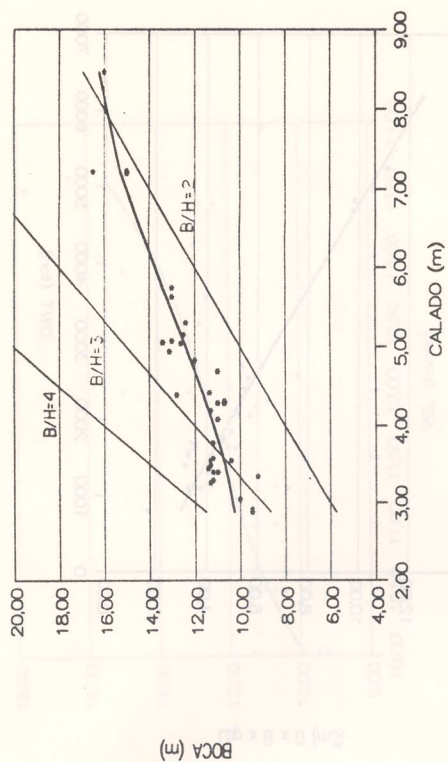


Figura 33: Boca (m) em função do Calado (m)

CAR/GRAN

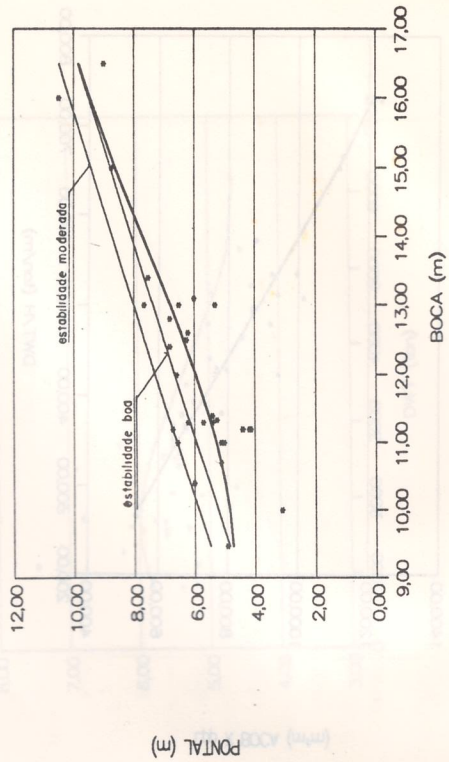


Figura 34: Pontal (m) em função da Boca (m)

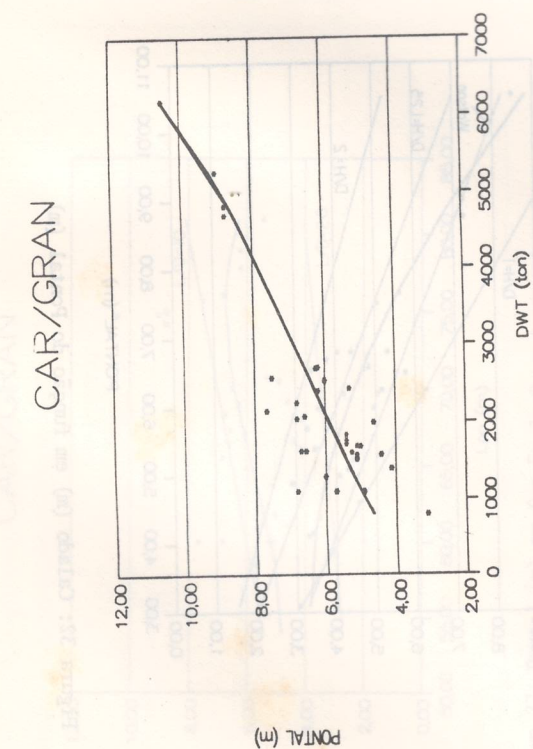


Figura 35: Pontal (m) em função do Deadweight de Carga (ton)

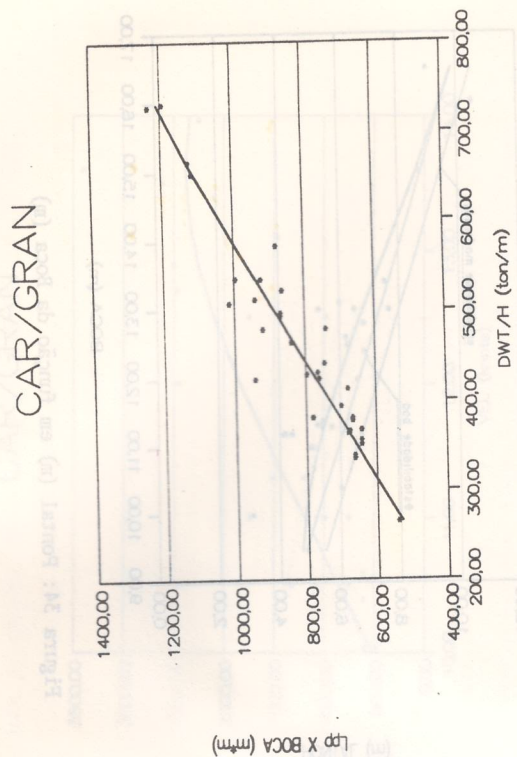


Figura 37: Comprimento Lpp x Boca (m x m) em função da relação Deadweight/Calado (ton/m)

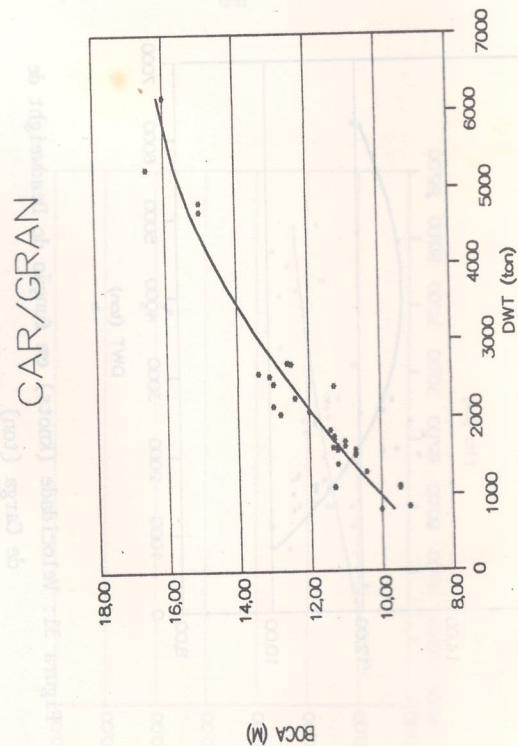


Figura 36: Boca (m) em função do Deadweight de Carga (m)

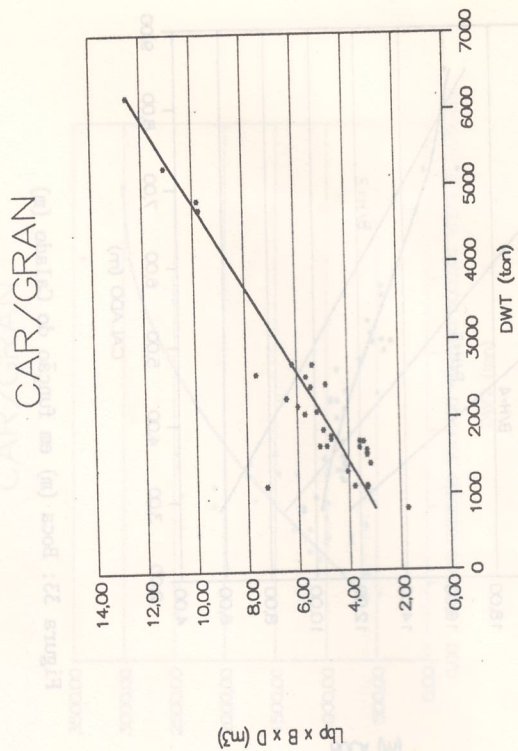


Figura 38: Comprimento Lpp x Boca x Calado (m x m x m) em função do Deadweight (ton)

CAR/GRAN

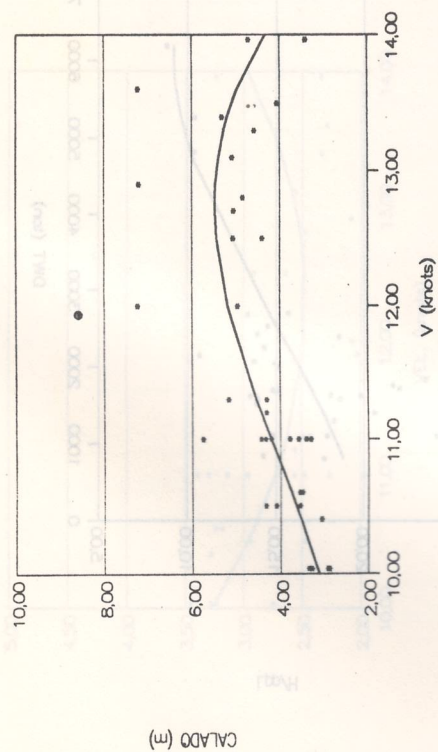


Figura 39: Calado (m) em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

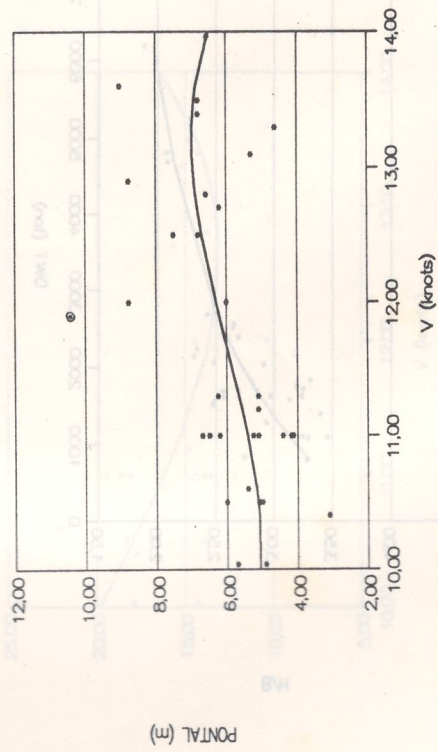


Figura 40: Pontal (m) em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

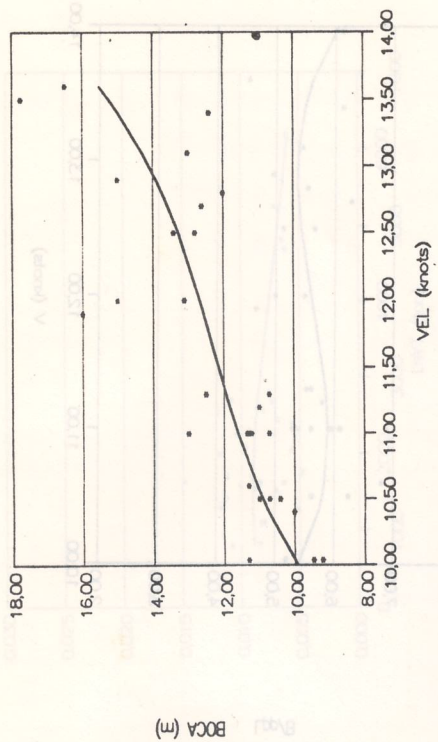


Figura 41: Boca (m) em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

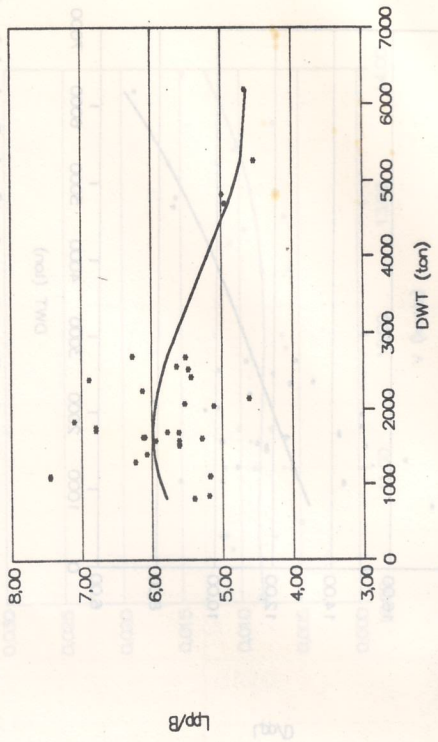


Figura 42: Comprimento Lpp/Boca em função do Deadweight de Carga (ton)

CAR/GRAN

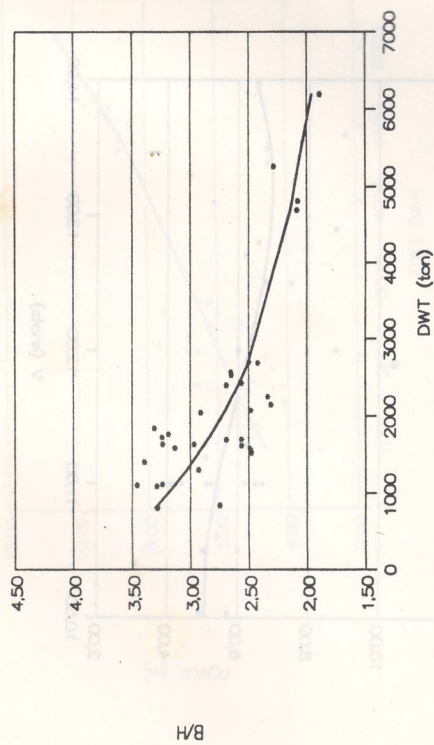


Figura 43: Boca/Calado em função do Deadweight de Carga (ton)

CAR/GRAN

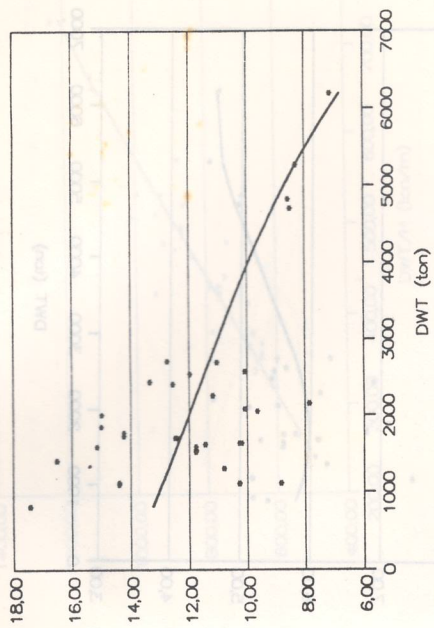


Figura 45: Comprimento Lpp/Pontal em função do Deadweight de Carga (ton)

CAR/GRAN

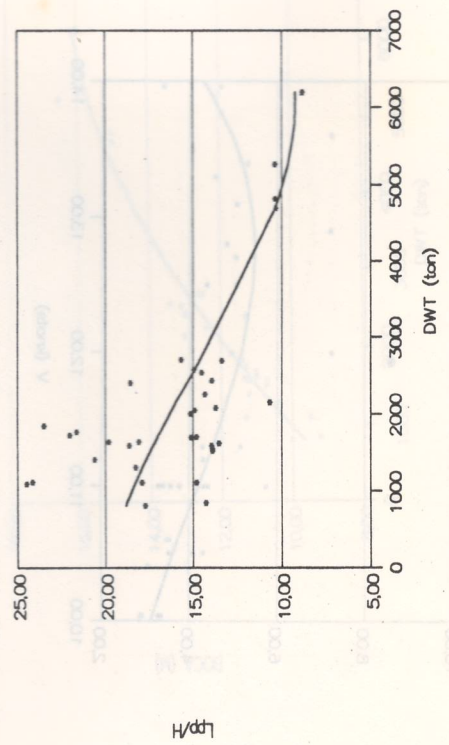


Figura 44: Comprimento Lpp/Calado em função do Deadweight de Carga (ton)

CAR/GRAN

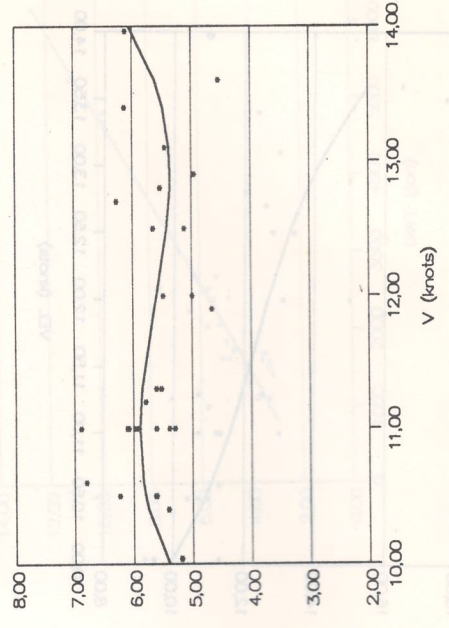


Figura 46: Comprimento Lpp/Boca em função da Velocidade da embarcação (knots)

CAR/GRAN

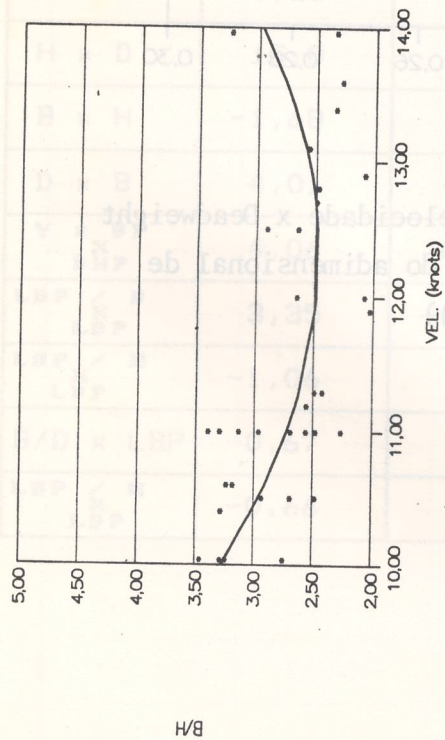


Figura 47: Boca/Calado em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

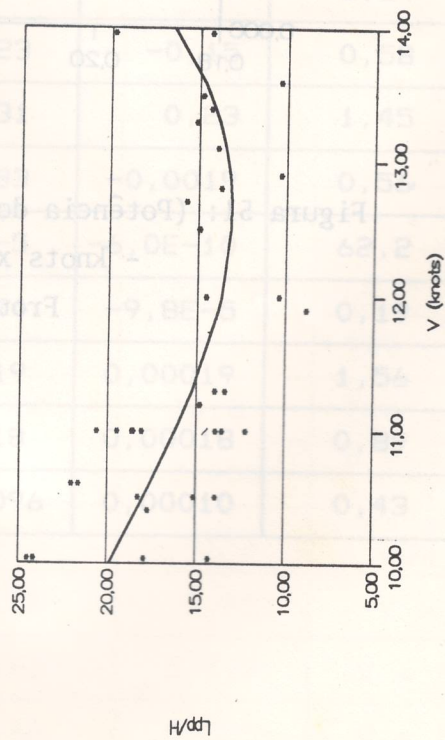


Figura 48: Comprimento Lpp/Calado em função da Velocidade (knots)

CAR/GRAN

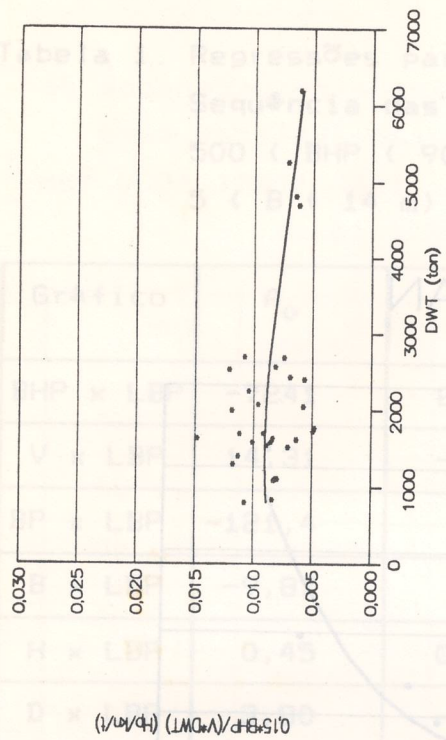


Figura 49: (Potência do Motor - HP)/(Velocidade x Deadweight
- knots x ton) em função do Deadweight (ton)

CAR/GRAN

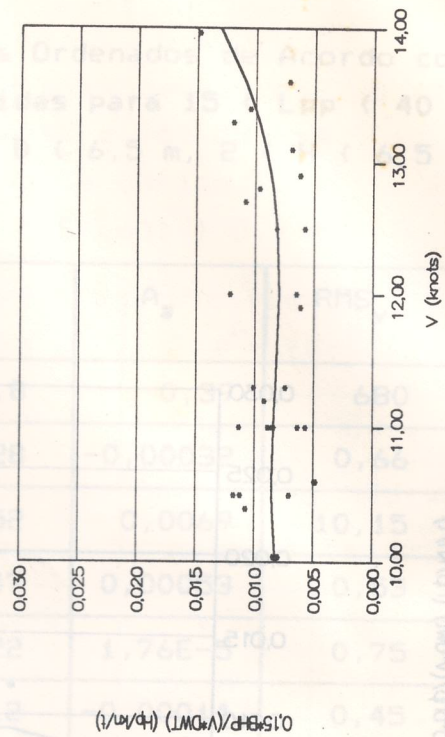


Figura 50: (Potência do Motor - HP)/(Velocidade x Deadweight
- knots x ton) em função da Velocidade (knots)

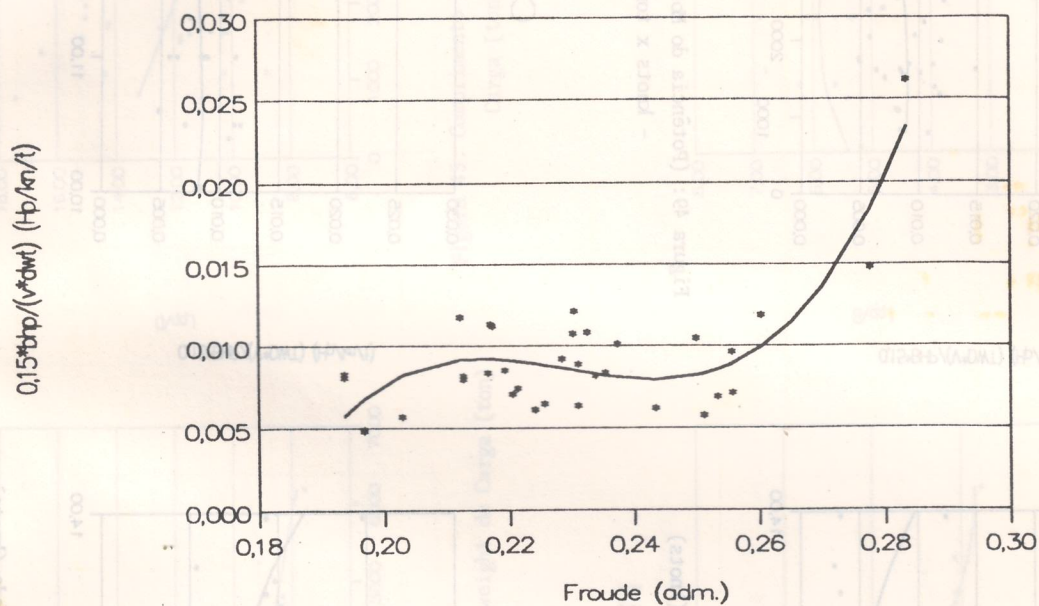


Figura 51: (Potência do Motor - HP)/(Velocidade x Deadweight - knots x ton) em função do adimensional de Froude ($V/\sqrt{g L}$)

Tabela 1. Regressões para Rebocadores Ordenados de Acordo com a Sequência das Figuras (Válidas para $15 < L_{pp} < 40$ m, $500 < BHP < 9000$ HP, $2,5 < D < 6,5$ m, $2 < H < 6,5$ m, $5 < B < 14$ m)

Gráfico	A_0	A_1	A_2	A_3	RMS_y
BHP x LBP	-7241	842,7	-28,8	0,39	680
V x LBP	14,31	-0,62	0,028	-0,00032	0,66
BP x LBP	-121,4	14,5	-0,52	0,0069	10,15
B x LBP	-9,87	1,58	-0,047	0,00053	0,53
H x LBP	0,45	0,165	-0,0022	1,76E-5	0,75
D x LBP	3,80	-0,21	0,012	-0,00014	0,45
V x BHP	9,82	0,0013	-1,3E-7	6,5E-12	0,68
BP x BHP	-0,60	0,014	7,1E-8	-3,7E-11	5,24
H x D	15,0	-9,37	2,23	-0,15	0,58
B x H	-1,68	8,43	-2,31	0,23	1,45
D x B	4,01	-0,61	0,083	-0,0019	0,56
$V \times \frac{BP}{BHP}$	4,06	0,139	1,2E-5	-6,0E-10	62,2
$\frac{LBP}{B} \times \frac{B}{LBP}$	3,35	-0,137	0,0074	-9,8E-5	0,19
$\frac{LBP}{LBP} \times \frac{H}{LBP}$	-1,06	0,71	-0,019	0,00019	1,56
B/D x LBP	-0,67	0,63	-0,018	0,00018	0,89
$\frac{LBP}{LBP} \times \frac{H}{LBP}$	-0,66	0,30	-0,0096	0,00010	0,43

Tabela 2. Regressões para Graneleiro / Cargueiro Ordenados de
Acordo com a Sequência das Figuras (Válidas para
45 < Lpp < 80 m, 10 < V < 14 Nós, 1000 < DWT < 6000 ton,
3 < D < 10m, 3 < H < 8 m, 9 < B < 16 m)

Gráfico	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	RMS _y
BHP x LBP	25649	-1337	22,9	-0,12	750
V x LBP	31,9	-1,29	0,023	-0,00014	1,82
B x LBP	-32,5	1,77	-0,024	0,00011	0,99
H x LBP	-2,27	0,14	-0,00023	-6,2E-6	0,81
D x LBP	98,7	-4,59	0,073	-0,00038	1,39
DWT x LBP	-1344	46,32	—	—	420
BHP x V	32039	-9935	978	-30	467
BHP x DWT	-94,9	0,88	-3,9E-5	-3,6E-9	549
V x DWT	8,24	0,0026	-4E-7	1,43E-11	1,00
H x D	4,51	-0,81	0,15	-0,00289	0,66
B x H	12,8	-2,53	0,70	-0,042	0,68
D x B	30,16	-6,65	0,54	-0,013	0,79
D x DWT	3,56	0,0015	-1,9E-7	2,2E-11	0,83
B x DWT	8,00	0,0022	-1,1E-7	-4,2E-12	0,57
LBP x B DWT / H	204,5	0,92	0,0015	-1,2E-6	59,8
LBP x B x D DWT	1795	1,38	0,000118	-9,9E-9	985
H x V	124,7	-35,7	3,4	-0,11	0,85
D x V	211,5	-54,7	4,76	-0,15	211,51
B x V	-253,2	66,4	-5,62	0,16	1,28



Tabela 3. Continuação das Regressões para Graneleros/Cargueiros
(Válidas as Mesmas Restrições da Tabela Anterior)

Gráfico	A_0	A_1	A_2	A_3	RMS_y
L/B x DWT	5,22	0,0010	-3,9E-7	3,4E-11	0,69
B/H x DWT	3,86	-0,00079	1,3E-7	-8,4E-12	0,29
L/H x DWT	20,0	0,0011	-5,3E-7	6,8E-11	3,17
L/D x DWT	14,21	-0,0013	1,31E-7	-1,9E-11	2,17
L/B x V	-231,8	60,55	-5,11	0,14	0,55
B/H x V	22,3	-2,88	0,074	0,0024	0,45
L/H x V	-143,5	56,06	-5,94	0,196	3,07
CA* x DWT	0,0083	1,07E-6	-4,4E-10	3,3E-14	0,0023
CA* x V	-0,46	0,125	-0,0111	0,00034	0,0024
CA* x FROUDE	-1,37	18,2	79,7	115,9	0,0022

* $CA = \frac{BHP}{V \times DWT}$

The difficulty of obtaining exact solutions for stresses and strains in this kind of structures is a well known fact, due to the complexity of the model, boundary and loading conditions and mechanical properties of materials. Lacking a trustful procedure for this analysis, experience and luck is the combination still used by designers and constructors. This can be seen in the great variety of structural dispositions found in these boats.

At this point, designers agree with the fact that nowadays there isn't a better way to design the structure of a high performance craft, except by

The sportfisherman, 50 feet long, project of the American Tom Pexas, was selected for our study. It was constructed by the Maras Marazul shipyard, at Rio de Janeiro. Its main particulars are shown in Table 1 and its side view in Figure 1.

The main reason for this model's choice was due to its advanced construction concept [7], low weight, great power and speed above 36 knots.

The hull is constructed in the sandwich system, extensively using fiberglass woven rovings, laminated with vinyl ester resin Derakane and rigid PVC foam Divinycell. The structural system is composed by 4 longitudinal stiffeners continuous from fore to aft and 4 structural bulkheads laminated in sandwich system under vacuum bag. Unidirectional tapes of fiberglass are used in addition to stiffener's flanges, chine and sheer.