



## 25º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore

Rio de Janeiro, 10 a 12 de Novembro de 2014

### Desenvolvimento de um Programa para o Projeto Estrutural de Monocascos Rápidos para um Sistema Computacional de Projeto

Richard D. Schachter e Matheus S. Silva

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica – Universidade Federal do Rio de Janeiro

#### Resumo:

Este trabalho apresenta o desenvolvimento um *software* integrado a um sistema computacional existente para fazer os cálculos necessários do projeto estrutural aplicando as regras para *High Speed Craft* da Sociedade Classificadora ABS para embarcações monocasco construídas em aço ou alumínio. Este programa de computador é a evolução de um anterior, que aplica as regras do ABS para embarcações em aço de comprimento igual ou menor que 90 metros, e as incorpora, aperfeiçoando sua interface, ergonomia de telas, menus, imagens e procedimentos.

A intenção deste desenvolvimento, foi de agilizar o processo de cálculo estrutural no projeto preliminar, sem perda de precisão: o programa importa as linhas da forma do casco definida no sistema, o usuário prescreve o cavernamento e o espaçamento entre longarinas (há sugestão), escolhe a regra e o material e pede para calcular as regras. O programa calcula todas as regras, apresenta todos os elementos e suas espessuras, calculadas e adotadas por tabela comercial (aço ou alumínio), determina e dimensiona todas as cavernas (por interpolações cúbicas da forma), que o usuário pode editar (excluir, acrescentar).

O programa provê visualização de cada caverna, com todos os elementos estruturais selecionados, com dimensões e espessuras calculadas, modificáveis pelo usuário, como, sicordas, escoas, reforços secundários longitudinais, fundo-duplo, conveses, anteparas longitudinais e transversais, hastilhas, cavernas, longarinas, etc., gerando planos nas três vistas principais. Este processo é feito de um menu dos elementos, selecionáveis em qualquer ordem e que podem ser alterados interativamente, com avaliações parciais.

O programa calcula, a cada momento, o Peso de Aço e Centro de Gravidade (com listagem de todos os elementos selecionados, com espessuras reais) da embarcação e sua Resistência Estrutural, calculando o Módulo de Seção e Momento de Inércia, comparando-os com os valores mínimos de regra e analisa, a cada tentativa, se a embarcação será ou não resistente longitudinalmente. Um exemplo de aplicação é apresentado.

#### 1 – Introdução

O presente trabalho visa apresentar o aprimoramento de um módulo existente de Resistência Estrutural desenvolvido para embarcações monocasco de aço de até 90m (Schachter et al 2008 e Bastos 2007), que integra um sistema de Projeto de Embarcações. Para tal, foi implementado o cálculo de regras para embarcações de alto desempenho da ABS, para monocascos de

aço e alumínio, a fim de conferir ao projetista uma maior variedade de possibilidades quando no processo de criação da topologia estrutural do objeto. Foram aprimorados os menus de elementos estruturais, para o conjunto completo destes elementos previstos na Regra, além da interface de sua seleção, tornando-a mais amigável ao usuário. O programa utiliza espessuras de chapas comerciais para alumínio e aço, para as quais aproxima as espessuras calculadas, para

garantir resultados de peso estrutural realísticos.

Outra evolução realizada foi a integração do módulo de Resistência Estrutural com outros módulos existentes. Essa integração se dá por meio de um arquivo único, que representa o projeto e pode ser usado por todos os diferentes módulos. Nesse arquivo, são salvos todos os parâmetros que os módulos do programa geram, como os da Forma, Resistência e Equilíbrio Dinâmico, Equilíbrio e Estabilidade Estática, Comportamento em Ondas, Topologia Estrutural, etc.

A motivação de se desenvolver esse tipo de programa que integra os diferentes fatores de projeto vem da necessidade de uma ferramenta que auxilie o projetista a analisá-los maneira eficiente para uma embarcação em fase de projeto preliminar. O programa é baseado conceito de organização do processo de projeto é conhecido como SFD (*Solution-Focused Design Process*), Schachter et al, 2006.

Foi necessário então desenvolver o módulo estrutural de maneira a agilizar o processo de elaboração da topologia estrutural a partir de uma forma pré-existente da embarcação. Depois de carregada a forma, é necessário ao usuário informar apenas os espaçamentos de caverna e de reforçadores para efeito de cálculo das regras, o tipo de material com o qual o casco será construído (aço ou alumínio) e qual a regra de sociedade classificadora será utilizada para o cálculo dos escantilhões necessários para a elaboração da estrutura. Após o cálculo, o usuário pode desenhar a estrutura, adicionando elementos estruturais com escantilhões já calculados anteriormente, necessitando apenas posicioná-los. Após a elaboração da estrutura, o usuário pode visualizar os resultados do cálculo do peso estrutural, e os cálculos do módulo de seção da estrutura, verificando se este atende aos requisitos de regra calculados anteriormente. Finalmente, o usuário pode salvar todos os dados referentes à estrutura e aos resultados obtidos, e utilizá-los em outro módulo onde estes sejam necessários.

## 2 – Regras Implementadas no Módulo Estrutural

Além da manutenção das Regras da ABS para embarcações de aço até 90 m, foram implementadas as Regras ABS – *Guide for Building and Classing – High Speed Naval Craft*. Esta versão é aplicável para aço ou alumínio e ainda só para monocascos. A parte de FRP ainda não foi implementada.

Assim como o módulo anterior, não há o intuito de se chegar à estrutura final que será classificada e aprovada pela sociedade classificadora, mas sim, a partir das dimensões principais, forma e condições de operação (velocidade e estado de mar) definidas na etapa de projeto preliminar, encontrar uma aproximação inicial válida de resistência longitudinal, definindo uma topologia estrutural, além de obter-se o peso e centro de gravidade da estrutura. Por esse motivo, o uso da regra é feito parcialmente, não levando em consideração todas as partes e capítulos. Desta forma, utilizou-se:

Part 3, Chapter 2,

Section 1: Primary Hull Strength

Section 2: Design Pressures

Section 2: Plating

Section 2: Internals

A utilização deste capítulo e sessões permite que sejam calculados os momentos fletores resultantes da viga navio, as pressões atuantes nos painéis de fundo, costado conveses e anteparas, dimensionamento das espessuras das chapas desses painéis e cálculo do módulo de seção requerido dos diversos elementos estruturais como reforçadores e gigantes.

### 2.1 - Premissas de utilização das regras

Devido ao cálculo das regras ser feito em um estágio inicial de projeto, onde muitas informações ainda não estão disponíveis, algumas considerações tiveram de ser feitas para conseguir representar estas informações faltantes e permitir a automatização que o módulo se propõem a fazer. Todas as recomendações padrão das regras do ABS foram adotadas, como para o Comprimento (sem madre do leme), o Trim Dinâmico (3° a 4°, se menor ou maior que 50m), além de algumas adequações práticas de tamanho de cavernas e reforçadores em função da forma, posição da quina, intercessões, etc., como suposições lógicas de como um projetista faria

estes posicionamentos, sempre supondo reforçamentos transversais, que é o caso da vasta maioria destas embarcações.

## 2.2 - Regras programadas

Foram as regras da Parte 3, Capítulo 2, como mencionado, das quais se destacam:

### 2.2.1 Resistência Longitudinal da Viga Navio

- a) Módulo de Seção da Viga Navio para todas as embarcações;
- b) Módulo de Seção de embarcações de comprimento superior a 24m
  - Momento fletor devido a ondas;
  - Momento fletor em águas tranquilas;
  - Momento fletor de batida de proa;
  - Módulo de Seção.
- c) Momento de Inércia

### 2.2.2 Pressões de Projeto

- a) Pressões de Projeto do Fundo
  - Pressões de Fundo devido à batida de proa;
  - Pressões de Fundo devido à batida de proa para  $L < 61\text{m}$ ;
  - Pressão Hidrostática;
- b) Pressão de Projeto do Costado e Espelho de Popa;
  - Pressão de costado devido à batida de proa;
  - Pressão de costado hidrostática;
  - Pressão de costado no bico de proa.
- c) Pressões de Projeto dos Conveses

### 2.2.3 Espessura do Chapeamento

- a) Espessura baseada no carregamento lateral
- b) Espessura baseada nos reforçadores secundários
- c) Espessura Mínima
  - Chapeamento do Fundo
  - Chapeamento do Costado
  - Chapeamento do Convés Resistente

### 2.2.4 Resistência dos Gigantes e Reforçadores

- a) Módulo de Seção
- b) Momento de Inércia

Um exemplo de demonstração dos cálculos de regra pode ser visto na Figura 5.2.

O programa permite que o usuário selecione e posicione os elementos estruturais mostrados na Figura 4.3, por exemplo, e listados abaixo, que aparecem dimensionados pela regra, mas passíveis de modificação pelo usuário. Estes elementos são:

- Anteparas Transversais,
- Anteparas Longitudinais,
- Fundo Duplo,
- Conveses Intermediários,
- Cavernas,
- Hastilhas,
- Vaus,
- Longarinas,
- Escoas,
- Sicordas,
- Reforçadores do Fundo,
- Reforçadores de Costado,
- Reforçadores do Convés Principal,
- Reforçadores do Fundo Duplo,
- Reforçadores, Conveses Intermediários.

## 3 - Descrição do Programa

Assim como em Schachter et al, 2008, e como mencionado, o objetivo deste desenvolvimento é tentar melhorar a integração entre a definição da Topologia e Detalhamento Estrutural e os Cálculos de Regra e Módulo de Seção, em um processo interativo simples e ágil, que ao final fornece o peso de aço e seu centro de gravidade, com os elementos discriminados, além da visualização das vistas e cavernas. As principais tarefas são:

- Cálculos pelas Regras do ABS;
- Detalhamento e Arranjo dos Principais Elementos Estruturais;
- Cálculo do Módulo de Seção e Momento de Inércia;
- Cálculo do Peso de Aço da Estrutura e Centro de Gravidade

### 3.1 - Importação da Forma do Casco

A forma do casco da embarcação utilizada pelo programa é desenvolvida em um programa do sistema existente, chamado *Planing Hull Form* (PHF), Calkins et al, 2001.

O PHF gera um arquivo que é a tabela de cotas da embarcação gerada (Figura 5.1). Como configuração padrão, esta tabela de cotas possui 21 balizas padrão, mais adições do usuário. Através deste arquivo, o programa reproduz a forma em suas telas.

Após a importação da forma do casco o usuário pode inserir quaisquer espaçamentos de cavernas. O programa faz interpolações cúbicas da forma original, determinando qualquer seção transversal ao longo do comprimento da embarcação.

### 3.2 - Cálculo das Regras ABS

O usuário pode determinar os parâmetros da regra classificadora, onde são calculadas todas as variáveis descritas na Seção 2. Os parâmetros considerados são exibidos, com suas espessuras de regra calculadas e aproximadas para elementos de aço ou alumínio comerciais, dependendo da seleção de material feita.

### 3.3 - Detalhamento Estrutural (*Draw Structure*)

Para a realização dos cálculos estruturais e seu peso total, o usuário deve detalhar os elementos estruturais da embarcação, como sicordas, escoas, longarinas, anteparas transversais e longitudinais, hastilhas, cavernas gigantes, fundo duplo, convés intermediário, entre outros com informações do tipo:

- Espessura do Elemento (já aproximada, como sugestão modificável pelo usuário);
- Espaçamento(s) de cavernas;
- Número de Elementos;
- Posição;
- Comprimento (todo o comprimento ou entre cavernas especificadas, pelo usuário).

Com estas informações o programa interpola a posição de cada elemento separadamente (longitudinal, transversal e vertical) e plota a configuração estrutural de cada seção (caverna) com os elementos selecionados. Nas três vistas principais (perfil, plano do alto e plano de cavernas) são mostrados cavernas, anteparas e conveses.

Para a seleção dos elementos estruturais, ver Seção 4. Todos os cálculos a seguir são feitos como na versão anterior, Schachter et al, 2008.

### 3.4 - Módulo de Seção (*Section Modulus*)

Assim que esteja detalhada a estrutura, ou em qualquer outro momento, o usuário pode optar por calcular o Módulo de Seção Mestra da embarcação. Neste cálculo o programa define como Seção Mestra a seção a meia nau e calcula a altura da linha neutra da seção.

No cálculo de módulo de seção, apenas os elementos longitudinais são considerados, pois os elementos transversais não contribuem para a resistência longitudinal da embarcação. Portanto, elementos como anteparas transversais, hastilhas, entre outros que são elementos transversais não são considerados neste cálculo.

A seguir, os momentos de inércia são calculados.

Em seguida calcula-se o módulo de seção, da seção mestra.

Finalmente chega-se ao cálculo do módulo de seção. Feito o cálculo, o programa mostra em uma tabela (Figura 4.11) a altura da linha neutra na seção mestra, o momento de inércia e o módulo de seção. Além disto, o programa compara o módulo de seção e o momento de inércia calculados com os valores requeridos pela regra classificadora e mostra se a embarcação passou ou não no módulo de seção e momento de inércia, ou seja, se a embarcação será ou não resistente, de acordo com as regras da sociedade classificadora.

### 3.5 - Peso de Aço (*Steel Weight*):

Outro cálculo feito pelo programa é o peso de aço e centro de gravidade (CG) dos elementos estruturais. Usou-se a terminologia *Steel Weight* por razões de tradição, mas o peso será de Alumínio, se for este o material selecionado. Para obter um resultado mais preciso e analisável (em código), o programa divide o cálculo do peso em peso de aço (ou alumínio) dos elementos longitudinais e peso de aço (ou alumínio) dos elementos transversais, mas são apresentados como elementos primários e secundários (Figura 5.10).

Para o peso dos elementos longitudinais, como chapeamento, escoas, longarinas, reforços longitudinais, entre outros, o programa calcula a 'área de aço' destes elementos de cada caverna.

A seguir, o programa integra numericamente a 'área de aço' calculada ao longo de todo o comprimento do navio, o que resulta no 'volume de aço' dos elementos longitudinais do casco.

Multiplicando-se 'volume de aço' dos elementos longitudinais pelo peso específico do material, tem-se o peso de aço ou alumínio dos elementos longitudinais.

Para o cálculo do centro de gravidade dos elementos longitudinais, procedeu-se de maneira semelhante: o programa calcula o centro de gravidade nas três direções (longitudinal, transversal e vertical, dos elementos longitudinais de cada caverna).

Tendo o centro de gravidade (CG) de cada caverna, o programa integra numericamente através do método de integração por trapézios a área de cada caverna multiplicada pelo seu respectivo CG, ao longo do comprimento. Isto resulta em um momento de volume ( $m.m^3$ ). Este momento é dividido pelo 'volume total de aço' dos elementos longitudinais (já calculado anteriormente) para obter-se o CG nas três direções dos elementos longitudinais do casco.

Para o cálculo do peso e CG dos elementos transversais, como hastilhas, anteparas transversais, entre outros, o programa calcula a área e o CG nas três direções dos elementos transversais de cada caverna. A seguir multiplica esta área pela espessura do elemento, obtendo o volume de aço dos elementos transversais de cada caverna e multiplica este volume pelo peso específico do aço ou alumínio, determinando o peso do aço ou alumínio dos elementos transversais.

Para calcular o centro de gravidade do aço dos elementos transversais procede-se da mesma maneira: o programa multiplica o volume de aço de cada caverna pelo centro de gravidade nas três direções, resultando em momento de volume,  $m.m^3$  e divide a soma deste momento de volume pelo volume total de aço dos elementos transversais.

Finalmente, com o Peso e CG dos elementos longitudinais e transversais definidos, a composição do Peso e CG do casco como um todo é feita através de somatório de momentos.

### 3.6 - Visualização das Regras

Para que o usuário possa esclarecer dúvidas, o programa provê telas de ajuda, que permitem consultar as regras do ABS programadas.

## 4 – Utilização do Programa

Uma descrição da utilização do programa é apresentada a seguir para mostrar a ergonomia de utilização que evoluiu do modelo anterior, visando facilitar e agilizar seus procedimentos de definição da topologia estrutural e do processamento dos cálculos necessários, do ponto de vista do projeto como um todo e não apenas do estrutural.

### 4.1 - Ergonomia das Telas

A tela principal do programa foi aperfeiçoada do modelo anterior com o objetivo padrão do sistema: utilizar uma quantidade mínima de telas, que em algumas rotinas são multidisciplinares, com o objetivo de prover o máximo de processamento e sequências lógicas de utilização em visadas únicas.

Contudo, para um processamento lógico não é possível detalhar todas as informações e processos contidos no programa em uma única tela. Por isto foram criadas algumas poucas telas secundárias, onde adequado, principalmente para o detalhamento estrutural.

#### 4.1.1 - Tela Principal

Ao iniciar o programa, a tela principal é exibida, composta dos comandos mostrados nos quadros numerados da Figura 1.

##### (1) Menu Principal

- *File* - para o usuário decidir por iniciar um novo projeto, importando um arquivo de forma, salvar o projeto atual, carregar um projeto já existente para edição ou sair do programa.
- *MaterialsEdit* – para editar espessuras comerciais de chapas de aço e alumínio para que o programa aproxime do cálculo (já há um *default* de uma siderúrgica do mercado para cada material).
- *Rules* - para consulta a um arquivo PDF da Regra Selecionada;

(2) Área de Desenho – exibe os planos da embarcação selecionada;

(3) Botões de Visualização na Área de Desenho – para mostrar o Plano de Balizas (*default*), Vista de Perfil, Vista Superior, vista

da Baliza selecionada e Selecionador de Balizas (com navegação pelo cursor);

(4) Caixa de Entrada de Dados – para preencher os parâmetros necessários ao cálculo dos escantilhões. Para arquivos do Sistema (.sai e .dsg) estes são preenchidos pelo programa. Espaçamentos entre cavernas e longarinas são sugeridos, podendo ser modificados. Nesta caixa também se selecionam a Regra e o Material desejados, ABS HSNC ou ABS <90m e Aço ou Alumínio, respectivamente;

(5) Aba de Visualização de Resultados  
 - Cálculo das Regras,  
 - Cálculo do Peso e CG,

- Cálculo do Módulo de Seção,  
 Cada um destes cálculos tem seus resultados apresentados na tabela acima. Para as Regras a primeira coluna exibe os parâmetros considerados, a segunda as espessuras mínimas calculadas de regra e a terceira as espessuras aproximadas para aços ou alumínio comerciais (das tabelas de (1)); para o Peso, o Elemento, seu Peso, LCG, VCG e TCG; e para o Módulo de Seção, a Área Estrutural, altura do Eixo Neutro, Momento de Inércia e Módulo de Seção, dos últimos dois, calculado, requerido e status (Ok, não Ok);

(6) Botões de Processamento  
 - Cálculo das Regras,  
 - Desenhar Estrutura (detalhar).

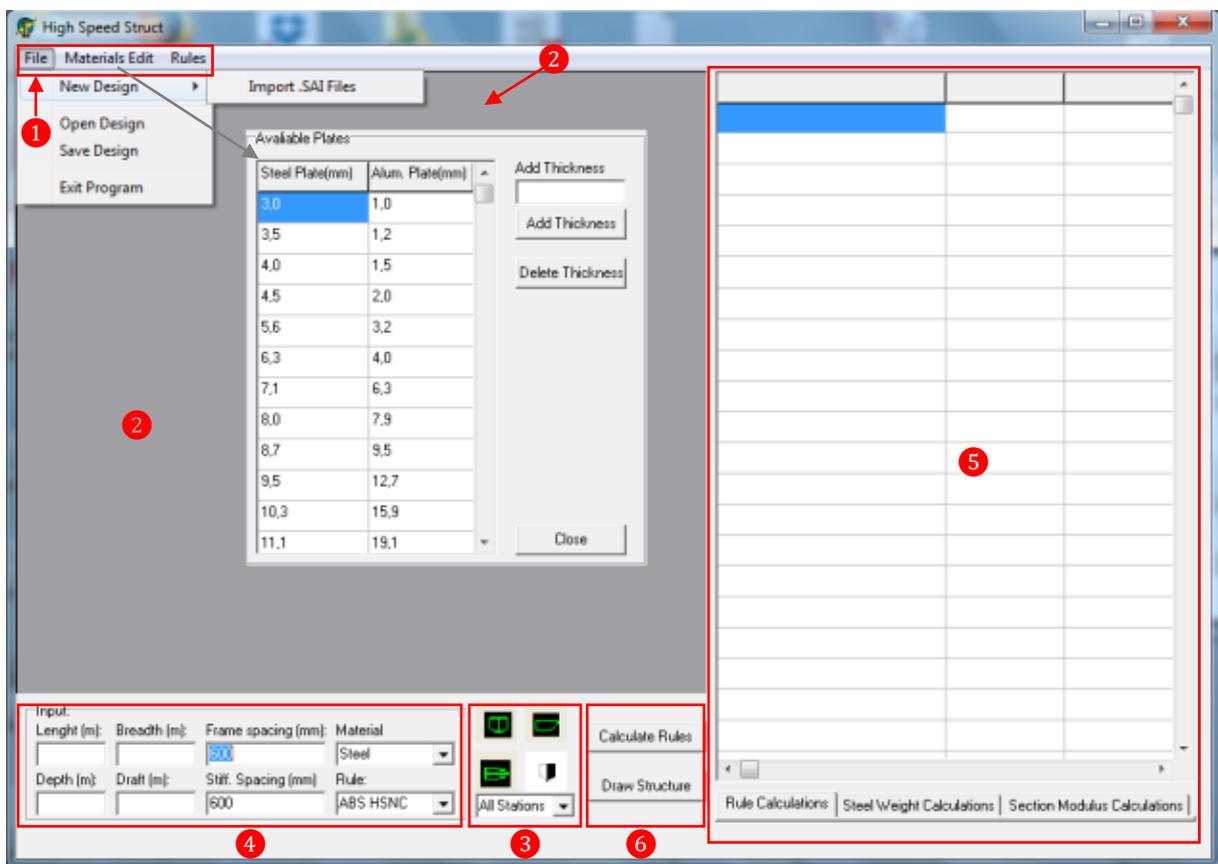


Figura 4.1 – Tela Principal

#### 4.1.2 - Tela de Detalhamento Estrutural (Draw Structure)

Esta tela está representada na Figura 2 e é onde se define a topologia estrutural. Seus comandos são:

(1) Área de Desenho – exibe os planos da embarcação, com os elementos estruturais definidos nos Quadros 2 e 3;

(2) Botões de Visualização da Área de Desenho (1):

- Plano de Cavernas – exibe o plano de cavernas, sem elementos estruturais;
- Plano do Alto – exibe o perfil da embarcação, com as anteparas longitudinais e transversais, conveses, fundo duplo, etc. definidos, além da marcação das cavernas;
- Plano de Linha D'Água – exibe a vista superior da embarcação, com as anteparas longitudinais e transversais,

conveses, fundo duplo, etc. definidos, além da marcação das cavernas;

### (3) Botões de Controle do Desenho Estrutural

- Visualização do Desenho das Cavernas com todos os seus elementos estruturais – as chapas de fundo, costado, e conveses são representados em cor verde; os elementos e anteparas longitudinais e os elementos transversais, em preto; as anteparas transversais, em cinza;

- Seleção da Caverna desenhada, pelo número, com navegação pelo cursor para mudar a caverna desenhada e para marcar a posição da caverna selecionada em qualquer vista;

(4) Edição de Cavernas e Espaçamentos – evolução do programa anterior (Schachter et al, 2008), que era limitado a um único espaçamento, nesta versão o espaçamento inicial pode ser modificado eliminando e/ou adicionando cavernas, trocando o espaçamento em qualquer (e inúmeras)

região(ões), prescrevendo-se intervalos variados. Para cada caverna definida, o programa dimensiona todos seus elementos pela regra escolhida, calcula seu peso e CG e os desenha;

(5) Visualização das Coordenadas – mostra as coordenadas de qualquer vista, como posicionamento do *mouse* sobre a Área de Desenho (1);

(6) Elementos Estruturais – menu para seleção dos elementos estruturais da embarcação;

(7) Dimensionamento dos Elementos Estruturais – quadro para dimensionamento dos elementos selecionados: dimensões, espessuras (*defaults* das Regras são sugeridas e modificáveis), quantidade, tamanho, posição, etc. Nesta versão, que evoluiu da primeira (Schachter et al, 2008), elementos podem ser dados em qualquer quantidade, em qualquer posição. Ao selecionar-se OK, é desenhado.

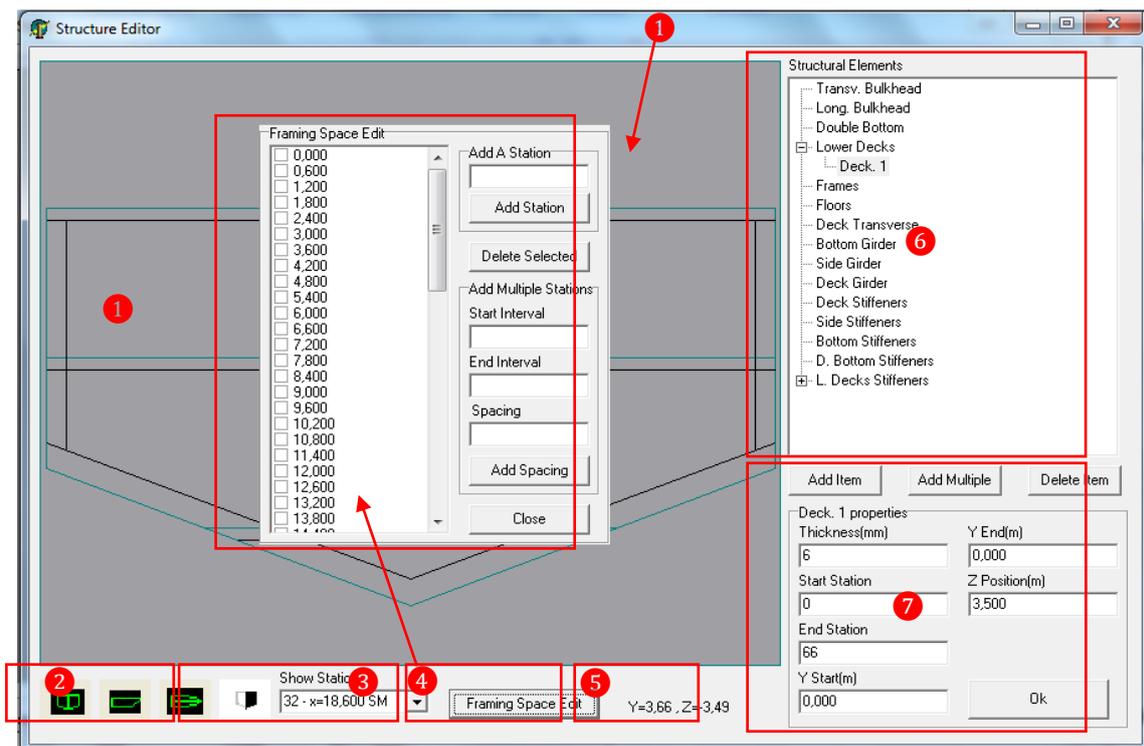


Figura 4.2 – Detalhamento Estrutural

## 4.2 - Processamento do programa

O programa deve ser processado de seguinte forma:

### (1) Importar Forma do Casco

Tela Principal (Fig.4.1), comandos (1) 'File'/ 'New Design'/ 'Import .SAI Files'. As linhas do casco podem ser visualizadas com os comandos dos Quadro 3 (Plano de Balizas como *default*). As Características Principais do

Quadro 4 já aparecem, com sugestão inicial de espaçamento constante de cavernas e longarinas, que podem ser modificados;

### (2) Selecionar a Regra e o Material

No Quadro 4 da Tela Principal (Fig.4.1), como ABS HSN (aço ou alumínio) ou ABS até 90m (aço);

### (3) Calcular Regras

Primeiro botão do Quadro 6 (Fig.4.1). Os valores de Regra serão apresentados no Quadro 5. Na primeira coluna o Elemento, na segunda a espessura calculada e na terceira, a espessura aproximada para a tabela comercial do material escolhido. Estes dados sempre podem ser resgatados pela tecla 'Rules Calculations'. A qualquer tempo o usuário pode mudar a Regra e/ou o Material e recalcular tudo, mesmo com a estrutura já projetada e desenhada (em *Draw Structure*);

### (4) Detalhar Estrutura

Abrir tela de Detalhamento Estrutural em *Draw Structure* (Quadro 6, Fig.4.1);

### (5) Editar Cavernas e Espaçamentos

Uma vez na tela de Detalhamento (Fig.4.2), o projeto estrutural em si se inicia. O primeiro passo pode ser ajustar número de cavernas e espaçamentos (podem ser vários) no Quadro 4 da Fig.4.2. Para cada caverna incluída ou retirada, o programa dimensiona todos seus elementos pela regra escolhida, define sua geometria na forma, calcula seu peso e CG e os desenha. O programa permite interatividade: este processo pode ocorrer ao longo do projeto. Visualização pelos comandos dos Quadros 2 (vistas) e 3 (cavernas);

### (6) Selecionar e Dimensionar os Elementos Estruturais (Árvore de Controle de Elementos)

Quadros 6 para seleção e 7 para dimensionamento. No Quadro 7 são exibidos dados pertinentes ao elemento selecionado. Todos terão a espessura de regra aproximada para comercial, modificável. Para todo e qualquer antepara ou convés, se o usuário não fornecer outros limites, eles serão, por *default*, limitados pela interseção com a forma do casco, de desenvolvimento cúbico, e transversalmente, posicionados na linha de centro.

- Se for uma antepara transversal (Fig.4.3), se pedirá a caverna para localização e seus limites, transversal e verticalmente.
- Se for antepara longitudinal (Fig.4.4), se pedirá as cavernas de início e fim, os limites de altura e a posição transversal.
- Se for convés ou fundo duplo (Fig.4.2, Quadro 7), serão solicitados as cavernas de início e fim, os limites transversais e a altura da LB.
- Se for caverna, hastilha ou vau (Fig.4.5 e Fig.4.2, Quadro 1), virá o *default* da regra, modificável (a cada caverna selecionada).

- Se for reforçador, haverá dimensões da alma e do flange, espessuras, tudo *default* como cálculo de Regra, modificável pelo usuário, além das cavernas limites. Para o caso de Longarinas, Sicordas, Reforçadores de Fundo, Fundo Duplo ou Conveses, será solicitada a posição transversal (Fig.4.6). Nos casos de Escoas ou Reforçadores de Costado, será pedida a altura (Fig.4.7).

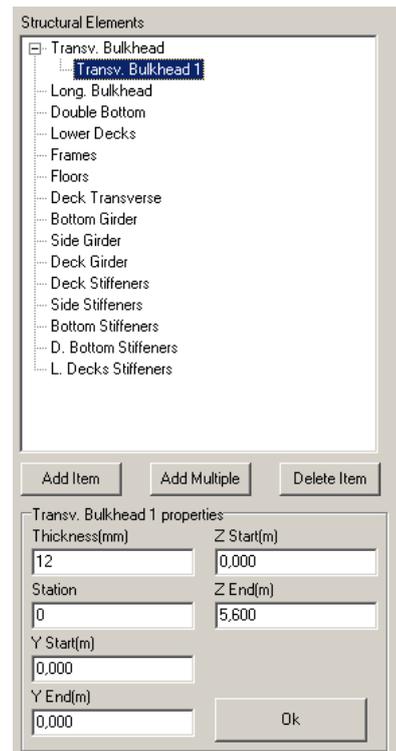


Figura 4.3 – Dimensionamento de uma Antepara Transversal

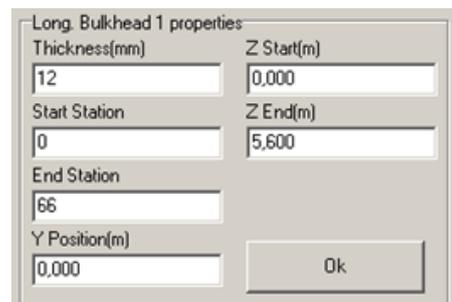


Figura 4.4a – Dimensionamento de uma Antepara Longitudinal

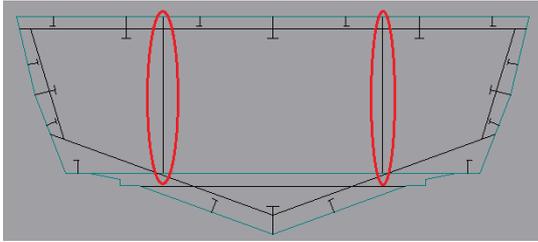


Figura 4.4b – Visualização de Anteparas Longitudinais (com  $Y \neq 0,000$ )

Web Thickness(mm)	14
Web Height(mm)	265
Flange Thickness(mm)	18
Flange Breath(mm)	95
Ok	

Figura 4.5 – Dimensionamento de Cavernas, Hastilhas e Vaus

Bottom Girder 1 properties	
Web Thickness(mm)	Start Station
21	0
Web Height(mm)	End Station
425	66
Flange Thickness(mm)	Y Position(m)
30	0,000
Flange Breath(mm)	
150	
Ok	

Figura 4.6 – Dimensionamento de Longarinas, Sicordas, Reforçadores de Fundo, Fundo Duplo e Conveses

Side Girder 1 properties	
Web Thickness(mm)	Start Station
20	0
Web Height(mm)	End Station
395	66
Flange Thickness(mm)	Z Position(m)
27	0,000
Flange Breath(mm)	
140	
Ok	

Figura 4.7 – Dimensionamento de Escoas e Reforçadores de Costado

- f) Adição de Múltiplos Reforçadores. No caso de querer adicionar múltiplos reforçadores (só é válido para reforçadores), o usuário pode acionar no Quadro 7 da Fig.4.2, o comando *Add Multiple*. Este comando acionará a caixa da Fig.4.8, com o espaçamento de longarinas prescrito (modificável) e os reforçadores serão apresentados equidistantes e em valores de regra, vide Fig.4.9.

- g) Quaisquer elementos estruturais podem ser excluídos a qualquer momento, com o comando *Delete Item* (Quadro 7, Fig.4.2).

Add Multiple	
Spacing of the Elements(mm)	
600	
Ok      Cancel	

Figura 4.8 – Adição de Múltiplos Reforçadores

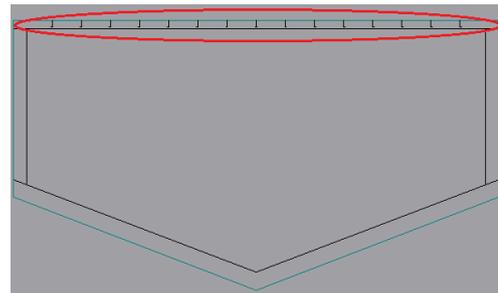


Figura 4.9 – Múltiplos Reforçadores Posicionados

#### (7) Interatividade de Projeto

A qualquer momento do projeto o usuário poderá voltar à Tela Principal para calcular o Módulo de Seção e/ou o Peso e CG do que foi estruturado e retornar ao dimensionamento com o comando *Draw Structure*;

#### (8) Cálculo do Peso e Centro de Gravidade

O Peso e CG podem ser calculados a qualquer momento do projeto, para os elementos definidos até então, com o comando *Steel Weight Calculations* na Tela Principal (Fig.4.1, Quadro 5). Serão exibidos cada elemento, seu peso, LCG, VCG e TCG e sua composição de Peso de CG (Fig.4.10). Estes resultados servem não só para o peso, mas também para o controle dos elementos estruturais dimensionados, parcial ou definitivamente.

#### (9) Cálculo do Módulo de Seção

O Módulo de Seção e o Momento de Inércia da embarcação dimensionada, assim como a avaliação se o Módulo de Seção atende ao critério escolhido da ABS, podem ser calculados pelo comando *Section Modulus Calculation* do Quadro 5 da Fig. 4.1. Avaliações parciais também podem ser feitas (Fig.4.11).

Element	Weight (ton)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
Bottom Plating	24,79	17,56	1,40	0,00
Side Plating	13,71	14,44	3,42	0,00
Main Deck Plating	19,22	16,39	5,16	0,00
Double Bottom Plating	13,75	12,73	1,68	0,00
L.Deck 1 Plating	16,28	14,51	3,36	0,00
Transom Plating	3,77	0,00	3,13	0,00
Frames	16,43	20,56	3,03	0,00
Floors	52,17	18,25	1,92	0,00
Deck Transverse	11,52	17,41	1,86	0,00
Bottom Stiffeners	19,09	17,78	1,48	0,00
Side Stiffeners	8,41	16,24	3,99	0,00
Deck Stiffeners	5,09	17,50	5,48	0,00
Double Bottom Stiffeners	2,97	15,03	1,92	0,00
L.Deck 1 Stiffeners	4,46	17,52	3,91	0,00
Structural Weight	211,65	16,71	2,62	0,00

Figura 4.10 – Tabela de Peso Estrutural

Results	Calculated	Required	Status
Structural Area(cm2)	4160,92	--	--
Neutral Axis Height(m)	2,99	--	--
Moment of Inercia(cm2.m2)	14102,21	6554,31	Ok
Section Modulus(cm2.m)	5410,09	3145,74	Ok

Figura 4.11 – Resultados do Cálculo da Viga-Navio

- (10) Salvar um Projeto, Carregar um Projeto Existente e Sair do Programa (todos na Tela Principal, Fig.4.1, Quadro 1)
- Salvar um projeto (extensão .dsg): comando *File / Save Design*;
  - Carregar um projeto (extensão .dsg): comando *File / Open Design*;
  - Sair do Programa: *File / Exit Program* (há caixa de diálogo para salvar, S/N).

### 4.3 – Evolução e Limitações do Programa

Como já foi mencionado, este trabalho é uma evolução de um anterior (Schachter et al, 2008), e em alguns aspectos esta evolução foi substancial: o espaçamento de cavernas já passa a poder ser editado para ser multiplamente variável; sua interpolação (como antes) e ligação agora são pelas cúbicas do desenvolvimento longitudinal da forma; as posições transversais das anteparas longitudinais podem ser quaisquer e até assimétricas; utiliza duas regras do ABS e dois materiais, aço e alumínio, e um material pode ser trocado por outro a qualquer momento do projeto estrutural. Além disto, as tabelas de chapas comerciais podem ser modificadas, dependendo do fabricante. Reforçadores agora ser prescritos multiplamente e são ajustados de forma equidistante no local e com o espaçamento prescritos. As principais limitações que se pretendem corrigir, assim que possível, são que ainda falta a definição de prumos para as anteparas; a impressão ainda é por *print screen*; o arquivo .dsg gerado, embora permita reconstituir toda e estrutura desenvolvida pelo programa, não grava todos os elementos geométricos gerados no arquivo, não permitindo que outro programa do sistema ‘pince’ estes dados para uso. O programa que faz a compartimentação, após este (e lendo o arquivo .dsg), ainda tem que refazer alguns cálculos, para poder desenhar os compartimentos formados neste programa.

### 5 – Exemplo de Aplicação

Para ilustrar a utilização do programa será descrito nesta Seção um exemplo meramente ilustrativo da aplicação dos comandos do programa, mostrando a forma do casco, arranjo de elementos estruturais, cálculo das regras, cálculo do peso (alumínio) e CG e módulo de seção.

Foi utilizado para o exemplo um casco de Ferry Boat gerado no programa PHF (Calkins et al, 2001), do mesmo Sistema. Suas características são:

- Comprimento Total (Loa) = 40,0 m;
- Comprimento Molhado (Lwl) = 36,8 m;
- Boca Total (B) = 10,0 m;
- Pontal (D) = 5,6 m;
- Calado de Projeto (Tp) = 2,08 m;

## 5.1 - Importação da Forma e Cálculo das Regras

O arquivo da forma foi inserido pelo comando *File/ New Design/ Import .SAI Files* da Tela Principal (Fig.4.1) e é utilizado como dado de entrada da tabela de cotas (Fig.5.1) pelo programa estrutural.

LANCHA.sai - Bloco de notas

Hull File: IVANMAT1.DAT

LOA= 40.000  
Lwl= 36.800  
Breadth= 10.000  
Depth= 5.600  
Draught= 2.080  
K20= 2.400

Parallel Body = 0 Station(s)  
Number of Stations= 3  
Number of Chines = 1  
Rake Angle of Bow = 45.00  
Height of Rake End= 1.500  
Units [m]

Where: sta = station  
k = keel  
C = chine  
d = deck  
LC = centerline

No	Lwl/20	Xsta	Yk	Zk	YC1	ZC1	Yd	Zd	YLC	ZLC
0	0.00	0.000	0.000	0.700	5.000	2.229	5.000	5.500	0.000	5.500
1	1.00	1.840	0.000	0.574	5.000	2.168	5.000	5.518	0.000	5.518
2	2.00	3.680	0.000	0.456	5.000	2.103	5.000	5.534	0.000	5.534
3	3.00	5.520	0.000	0.348	5.000	2.038	5.000	5.548	0.000	5.548
4	4.00	7.360	0.000	0.250	5.000	1.976	5.000	5.561	0.000	5.561
5	5.00	9.200	0.000	0.166	5.000	1.922	5.000	5.572	0.000	5.572
6	6.00	11.040	0.000	0.096	5.000	1.881	5.000	5.581	0.000	5.581
7	7.00	12.880	0.000	0.043	5.000	1.856	5.000	5.589	0.000	5.589
8	8.00	14.720	0.000	0.008	5.000	1.851	5.000	5.594	0.000	5.594
9	9.00	16.560	0.000	-0.007	5.000	1.871	5.000	5.598	0.000	5.598
10	10.00	18.400	0.000	0.000	5.000	1.919	5.000	5.600	0.000	5.600
11	11.00	20.240	0.000	0.031	4.924	2.001	4.924	5.600	0.000	5.600
12	12.00	22.080	0.000	0.087	4.820	2.119	4.820	5.598	0.000	5.598
13	13.00	23.920	0.000	0.170	4.683	2.279	4.683	5.593	0.000	5.593
14	14.00	25.760	0.000	0.282	4.510	2.484	4.510	5.587	0.000	5.587
15	15.00	27.600	0.000	0.425	4.297	2.739	4.297	5.578	0.000	5.578
16	16.00	29.440	0.000	0.600	4.040	3.047	4.040	5.567	0.000	5.567
17	17.00	31.280	0.000	0.810	3.736	3.413	3.736	5.554	0.000	5.554
18	18.00	33.120	0.000	1.056	3.380	3.841	3.380	5.538	0.000	5.538
19	19.00	34.960	0.000	1.340	2.969	4.335	2.969	5.520	0.000	5.520
20	19.51	35.900	0.000	1.500	2.737	4.615	2.737	5.510	0.000	5.510
21	20.00	36.800	0.000	2.400	2.500	4.900	2.500	5.500	0.000	5.500
22	21.74	40.000	0.000	5.600	0.000	5.600	0.000	5.500	0.000	5.600

Figura 5.1 – Tabela de Cotas (dado de entrada)

Após importar os dados, foi definido o espaçamento de cavernas de 600mm e espaçamento de reforçadores de 600mm, selecionado o material como Alumínio e a

Regra para Cálculo como ABS HSNC. Além destes dados de entrada e das características principais, as balizas da embarcação importada podem ser vistas na Fig.5.2. Qualquer outra baliza, o perfil ou a vista superior podem ser selecionados para visualização. Após realizar os cálculos da regra (*Calculate Rules*), foram obtidos os resultados mostrados no quadro direito da Fig. 5.2.

## 5.2 - Elaboração da Estrutura

### 5.2.1 - Cavernamento

As hastilhas, cavernas e vaus da estrutura são criados automaticamente baseados no espaçamento de cavernas fornecido, nos escantilhões obtidos durante o cálculo da regra e ajustados conforme a forma da embarcação (Fig.5.3). O usuário também pode alterar a posição de cada caverna e criar o espaçamento de cavernas que deseja. Foi feito então um espaçamento de cavernas de 600mm do espelho de popa até  $x=10,2$  m onde futuramente será posicionada a antepara da praça de máquinas. Após  $x=10,2$ m foi feito um espaçamento de cavernas de 800mm (Fig.5.4).

High Speed Struct

File Materials Edit Rules

Input:  
 Length (m): 40,000  
 Breadth (m): 10,000  
 Frame spacing (mm): 600  
 Material: Aluminium  
 Depth (m): 5,600  
 Draught (m): 2,080  
 Stiff. Spacing (mm): 600  
 Rule: ABS HSNC

Calculate Rules  
 Draw Structure

	ABS HSNC Value	Value Adopted
Section Modulus [cm <sup>2</sup> .m]	2548,05	
Moment of Inertia [cm <sup>2</sup> .m <sup>2</sup> ]	19744,19	
Bottom Plating (mm)	12,85	15,90
Side Plating (mm)	11,50	12,70
Deck Plating (mm)	7,20	7,90
D. Bottom Plating (mm)	7,20	7,90
L. Decks Plating (mm)	7,20	7,90
Bulkhead Plating (mm)	16,49	19,10
Floors Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	1312,12	1336,82
Frames Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	494,96	506,08
Deck Transverse Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	149,64	156,66
Bottom Stiff. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	412,60	442,01
Side Stiff. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	330,36	347,65
Deck Stiff. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	54,05	57,84
D. Bottom Stiff. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	35,56	39,25
L. Decks Stiff. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	35,56	39,25
Bottom Girder. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	2062,98	2142,24
Side Girder. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	1651,78	1708,01
Deck Girder. Sec. Mod. [cm <sup>3</sup> ]	270,25	282,65

Rule Calculations | Steel Weight Calculations | Section Modulus Calculations

Figura 5.2 – Cálculos da Regra do Exemplo

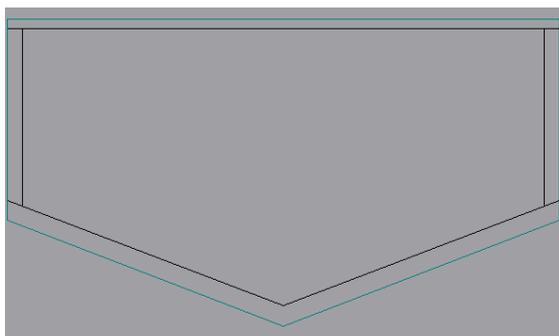


Figura 5.3 – Caverna gerada automaticamente

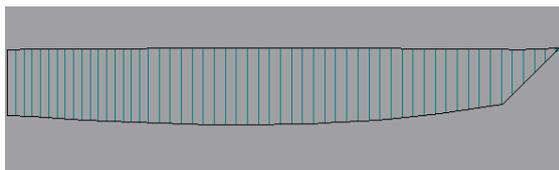


Figura 5.4 – Visualização do Cavernamento Variável (a Ré para a PM e a VT)

NOTA: Por razões de economia de espaço e para melhorar a visualização, as vistas dos desenhos apresentados das telas serão recortadas para mostrar os detalhes mencionados.

### 5.2.2 - Compartimentação

De posse dos principais escantilhões da estrutura, é possível elaborá-la para obter uma aproximação inicial de peso estrutural e módulo de seção. Primeiro foi definida a compartimentação da embarcação, posicionando as anteparas e os conveses desejados. Isto foi feito nos Quadros 6 e 7 do Detalhamento Estrutural (*Draw Structure*), Fig. 4.2.

Foram criadas 4 anteparas transversais: Antepara 1:  $x= 1,800\text{m}$  ( Antepara de Colisão a Ré ) Antepara 2:  $x= 10,200\text{m}$  ( Antepara da Praça de Maquinas) Antepara 3:  $x= 22,200\text{m}$  (Antepara na Região de Carga) Antepara 4:  $x= 36,000\text{m}$  ( Antepara de Colisão a Vante).

A seguir, foram definidos o Fundo Duplo a  $z=1,8\text{m}$ , um convés intermediário a  $z= 3,6\text{m}$ .

Em seguida, foram criadas duas anteparas longitudinais na região de popa a  $y=2,00\text{m}$  e  $y=-2,00\text{m}$ , de modo a criar duas praças de maquinas distintas e um compartimento entre elas, por onde os carros do ferry irão passar para sair da embarcação.

A Figura 5.5, a seguir, representa a compartimentação obtida:

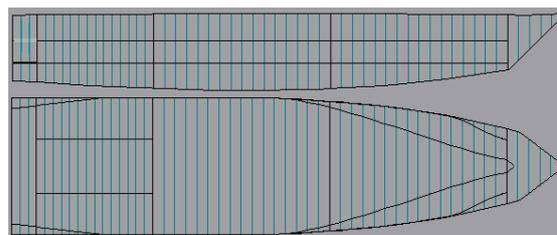


Figura 5.5 – Visualização de Compartimentos: Fundo Duplo, Pique Tanques de Ré e Vante, dois Conveses para Carros, espaços para duas Praças de Máquinas e antepara central móvel.

### 5.2.3 -Elementos Longitudinais

Em seguida, foram criados os elementos longitudinais para reforçar a estrutura da embarcação (Quadros 6 e 7 da Fig. 4.2).

- Longarinas – 2 Longarinas, localizadas a 1,2 e 2,4 metros da linha de centro.
- Escoas – 2 Escoas, localizadas a 2,8 e 4,5 metros da linha de base.
- Vaus – 4 Vaus, localizados a 0,0, 1,2, 2,4 e 3,6 metros da linha de centro.
- Reforçadores do Fundo Duplo – Múltiplos reforçadores criados com espaçamento de 1200 milímetros.
- Reforçadores dos Conveses – Múltiplos reforçadores criados com espaçamento de 1200 milímetros.

A figura 5.6 ilustra a Seção Mestra obtida ao inserir esses elementos:

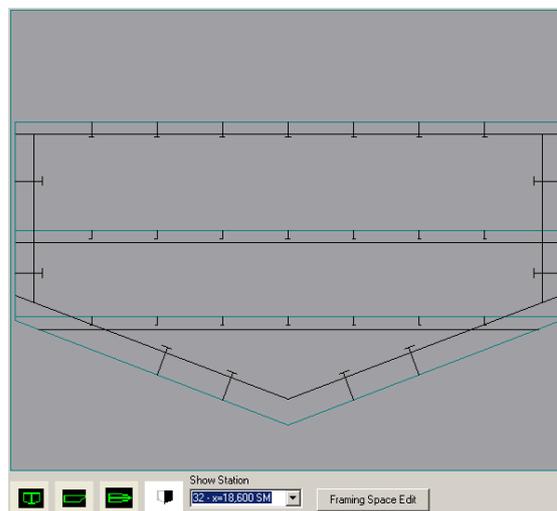


Figura 5.6 – Seção Mestra (região de carga)

### 5.2.4 - Desenho Estrutural

As figuras 5.7 a 5.10 ilustram algumas cavernas selecionadas para complementar a representação da estrutura obtida da embarcação:

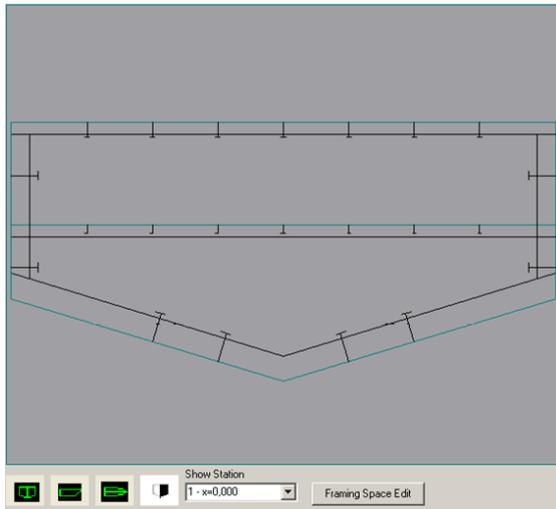


Figura 5.7 – Caverna 1/66 – Dentro do Pique Tanque de Ré

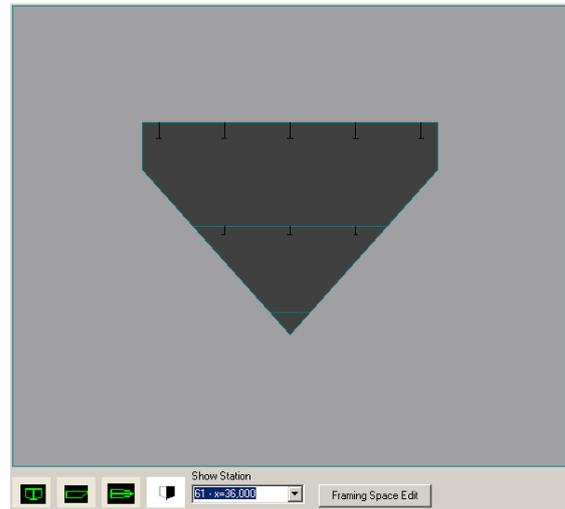


Figura 5.10 – Caverna 61/66 – Pique Tanque de Vante (antepara)

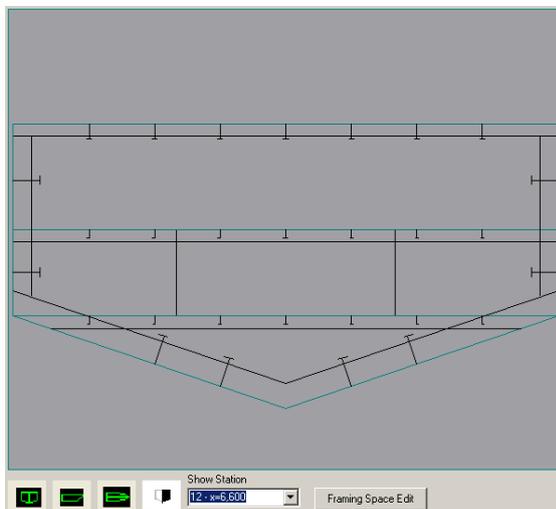


Figura 5.8 – Caverna 12/66 – Região das Praças de Máquinas

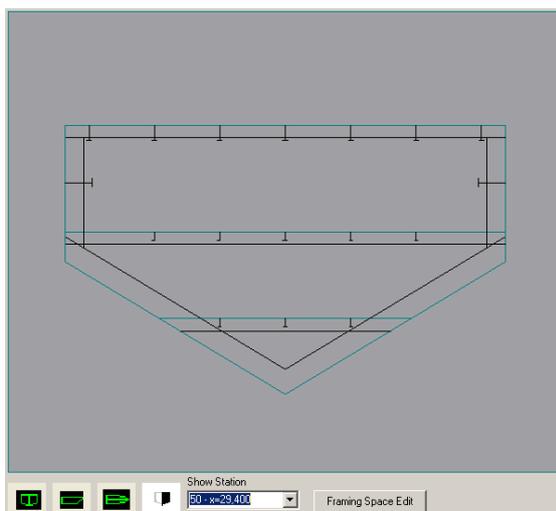


Figura 5.9 – Caverna 50/66 – Região de Carga, a Vante da Seção Mestra

### 5.2.5 – Resistência da Viga-Navio

Depois de elaborada a topologia, foi verificada a resistência da Viga-Navio. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Results	Calculated	Required	Status
Structural Area(cm <sup>2</sup> )	6177,40	--	--
Neutral Axis Height(m)	2,68	--	--
Moment of Inercia(cm <sup>2</sup> .m <sup>2</sup> )	20351,63	19744,19	Ok
Section Modulus(cm <sup>2</sup> .m)	6975,52	2548,05	Ok

Figura 5.11 – Resultados da Resistência da Viga-Navio

Área Estrutural na Seção Mestra: 6177,40 cm<sup>2</sup>

- Altura da Linha Neutra: 2,68 m
- Momento de Inércia da Seção Mestra:  
Calculado: 20351,63cm<sup>2</sup>m<sup>2</sup> Requerido: 19744,19 cm<sup>2</sup>m<sup>2</sup>
- Módulo de Seção:  
Calculado: 6975,52 cm<sup>2</sup>m  
Requerido: 2548,05 cm<sup>2</sup>m

Ou seja, a topologia elaborada atende aos requisitos básicos de resistência longitudinal.

### 5.2.6 - Peso Estrutural

Em seguida, foi verificado o Peso Estrutural obtido com essa topologia, além do centro de massa desse peso.

- Peso Estrutural: 129,7t
- Peso Estrutural (+2% de Margem de Solda): 132,36t
- Centro de Massa:  
X: 17,02 m (46% do comprimento Lpp)  
Y: 0,00 m

Z: 2,73 m (48% do Pontal)

A seguir, na Figura 5.12, se encontra a tabela de pesos estruturais:

Element	Weight (ton)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
Bottom Plating	14,27	17,56	1,40	0,00
Side Plating	7,49	14,44	3,42	0,00
Main Deck Plating	10,49	16,39	5,16	0,00
Double Bottom Plating	5,37	12,64	1,51	0,00
L.Deck 1 Plating	6,93	14,31	3,03	0,00
Transom Plating	2,08	0,00	3,13	0,00
Transv. Bulkhead 1	2,14	1,80	3,42	0,00
Transv. Bulkhead 2	2,35	10,20	3,27	0,00
Transv. Bulkhead 3	2,23	22,20	3,32	0,00
Transv. Bulkhead 4	0,67	36,00	4,15	0,00
Long. Bulkhead 1	6,37	10,88	3,54	2,00
Long. Bulkhead 2	6,37	10,88	3,54	-2,00
Frames	13,21	20,56	3,10	0,00
Floors	31,00	18,24	2,03	0,00
Deck Transverse	6,66	17,41	1,98	0,00
Bottom Girder 1 PS	2,54	18,88	1,39	1,20
Bottom Girder 1 SB	2,54	18,88	1,39	-1,20
Bottom Girder 2 PS	2,40	17,85	1,81	2,40
Bottom Girder 2 SB	2,40	17,85	1,81	-2,40
Side Girder 1 PS	1,37	12,91	2,80	4,22
Side Girder 1 SB	1,37	12,91	2,80	-4,22
Side Girder 2 PS	1,85	17,46	4,50	2,80
Side Girder 2 SB	1,85	17,46	4,50	-2,80
Deck Girder 1 LC	0,67	19,50	5,38	0,00
Deck Girder 2 PS	0,65	18,90	5,38	1,20
Deck Girder 2 SB	0,65	18,90	5,38	-1,20
Deck Girder 3 PS	0,61	17,70	5,38	2,40
Deck Girder 3 SB	0,61	17,70	5,38	-2,40
Deck Girder 4 PS	0,52	15,00	5,39	3,60
Deck Girder 4 SB	0,52	15,00	5,39	-3,60
Double Bottom Stiffeners	0,51	14,04	1,70	0,00
L.Deck 1 Stiffeners	1,51	16,86	3,49	0,00
Structural Weight	129,77	17,02	2,73	0,00
Total Weight(+2% Weld Margin)	132,36	17,02	2,73	0,00

Figura 5.12 – Peso e CG da Estrutura

## 6 – Conclusões

Este trabalho visou aperfeiçoar um anterior existente de Resistência Estrutural desenvolvido para embarcações monocasco de aço de até 90m, Bastos (2007) e Schachter

et al (2008), que integra um Sistema de Projeto de Embarcações. Dentre as melhorias realizadas pode-se citar que além do cálculo estrutural para embarcações de até 90 metros (ABS 2006), o programa pode realizar cálculos específicos de Embarcações de Alto Desempenho (ABS HSNC, 2007) que não estava disponível anteriormente. É possível agora utilizar aço e alumínio e editar espessuras comerciais a fim de obter uma melhor aproximação inicial do peso estrutural e da resistência longitudinal da embarcação. A ergonomia da interface foi melhorada, facilitando a utilização do programa pelo usuário e acelerando o processo de elaboração da estrutura, através do preenchimento automático de uma série de informações como espessuras de chapas e dimensões de reforçadores e gigantes visto que em Schachter et al, 2008, apesar de calculadas, o usuário deveria criar uma a uma, e para elementos longitudinais havia uma imposição de simetria, que agora não existe mais. A capacidade do programa de permitir a edição de espaçamentos de cavernas variáveis possibilita ao usuário uma maior flexibilidade e realismo na criação da estrutura. Agora as cavernas passaram a ser ligadas pelas cúbicas da forma do casco e não mais retas. A capacidade de salvar o projeto realizado para uma continuação posterior do trabalho possibilitou a integração do módulo estrutural com o módulo de elaboração da forma e com possíveis outros módulos.

Acredita-se que este programa possa, após aperfeiçoamentos mostrados na Seção 4.3, além de outros, ser de utilidade para projetistas, devido à sua facilidade de manuseio e aplicação e apresentação de resultados úteis para o projeto estrutural preliminar de uma embarcação. A geração de planos para a visualização da estrutura adotada, facilita a interação para a modificação de alternativas e poderá servir como base para confecção de desenhos para a etapa de construção de embarcações modeladas neste programa.

Assim como o anterior, o programa desenvolvido mostrou-se eficiente, pois detalha com precisão todos os elementos estruturais, como sicordas, escoas, reforços secundários longitudinais, conveses intermediários, anteparas longitudinais e transversais, hastilhas, cavernas, longarinas, etc., de acordo com as definições feitas pelo usuário, gerando planos nas três vistas principais que podem ser usados para gerar desenhos para impressão.

O programa avalia também de forma bem prática a Resistência Estrutural da embarcação, calculando seu Módulo de Seção Momento de Inércia e comparando com os valores requeridos pela regra, além de fazer uma estimativa do Peso de Aço Estrutural e Centro de Gravidade da embarcação com precisão adequada, pois o Peso Total de Aço e seu Centro de Gravidade são calculados compondo-se o Peso e o CG de cada Elemento Estrutural separadamente.

## 7 – Agradecimento

Os autores desejam agradecer à **FINEP** pelo patrocínio que tornou possível esta publicação.

## 8 – Referências Bibliográficas

[1] American Bureau of Shipping, *Guide for Building and Classing High-Speed Craft Naval Craft 2007*, ABS, 2007;

[2] American Bureau of Shipping, *Guide for Building and Classing Steel Vessels Under 90 Meters in Length*, ABS, 2006;

[3] BASTOS, C.R., *Desenvolvimento de um Programa para o Projeto Estrutural de Embarcações de um Sistema Computacional de Projeto* –Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Janeiro de 2007;

[4] CALKINS, D.E., SCHACHTER, R.D., OLIVEIRA, L.T., *An Automated Computational Method for Planing Hull Form Definition in Concept Design*, Journal of OCEAN ENGINEERING, Volume 28, pp 297-327, Pergamon, 2001;

[5] SCHACHTER, R.D., CYRINO, J.C.R., BASTOS, C.R., *Desenvolvimento de um Programa para o Projeto Estrutural de Embarcações de um Sistema Computacional de Projeto Preliminar* – Anais 22º CNTACNO, SOBENA 2008, pp. 1-15, Rio de Janeiro, 2008;

[6] SCHACHTER, R.D., FERNANDES, A.C., BOGOSIAN NETO, S., JORDANI, C.G., CASTRO, G.A.V., *The Solution-Focused Design Process Organization Approach Applied From Ship Design to Offshore Platforms Design*, ASME Transactions, Journal of OMAE, OMAE-05-1042, pp: 1-10, November 2006;

[7] SILVA, M.S., *Desenvolvimento de um Módulo de Resistência Estrutural para o Projeto Preliminar de Embarcações de Alto Desempenho* – Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Fevereiro de 2012.