



Desenvolvimento de uma interface para um novo conceito de projeto, com telas interdisciplinares. Aplicação a um projeto de Supply Boat de 4500

DWT para o Pré-sal

Felipe Rodrigues de Siqueira Souza

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Naval e Oceânico.

Orientador: Richard David Schachter

Rio de Janeiro

Agosto de 2014

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE PARA UM NOVO CONCEITO DE  
PROJETO, COM TELAS INTERDISCIPLINARES. APLICAÇÃO A UM PROJETO  
DE SUPPLY BOAT DE 4500 DWT PARA O PRÉ-SAL

Felipe Rodrigues de Siqueira Souza

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO  
DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO NAVAL E OCEÂNICO.

Examinado por:

---

Prof. Richard David Schachter, DENO/UFRJ

---

Prof. Juan Bautista Villa Wanderley, PEnO/UFRJ

---

Prof. Carl Horst Albrecht, DEG/UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO DE 2014

Souza, Felipe Rodrigues de Siqueira

Desenvolvimento de uma interface para um novo conceito de projeto, com telas interdisciplinares. Aplicação a um projeto de Supply Boat de 4500 DWT para o Pré-sal/ Felipe Rodrigues de Siqueira Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

ix, 46 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Richard David Schachter

Projeto de Graduação – UFRJ/Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Naval e Oceânica, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 46

1. Ferramenta de Projeto de Embarcações 2. Sistema de Projeto com Foco na Solução 3. Integração de Módulos de Projeto. I. Schachter, Richard David II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Naval e Oceânica. III. Título.

## Agradecimento

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que tem me guiado por caminhos certos e protegidos, sustentado minhas forças e me dado sabedoria para vencer desafios como este. Agradeço, também, todo o apoio, carinho, amor, paciência, dedicação e entusiasmo da minha família e de meus amigos. Em especial, agradeço à minha mãe Vanda, à minha irmã Natália e ao meu padrasto Luiz, que sempre cuidaram de mim com tanto amor, que me ensinaram o certo e o errado e que me fizeram presenciar inúmeros momentos de felicidade. Agradeço aos meus tios Rosana e Eduardo, que me acolheram como filho em sua casa durante esses 5 anos de curso. Agradeço à minha linda e breve futura esposa Ana Paula, que, nesses quase 4 anos de namoro, vem demonstrando todo seu amor por mim, fazendo cada dia difícil se tornar fácil, me incentivando a não desanimar e sempre me ajudando a lembrar que falta muito pouco para conseguirmos atingir nossos principais objetivos. Agradeço também ao meu professor e orientador Richard que me deu todo o apoio necessário e à Petrobras e à FINEP que forneceram recursos, em períodos distintos, para que este trabalho pudesse ter sido realizado. Sem vocês, não conseguiria chegar aonde cheguei. Muito obrigado.

## Dedicatória

Gostaria de dedicar esse trabalho às minhas avós Ivonilde e Sylvia. A primeira, com todo seu amor por mim, fez parte de toda minha vida até minha entrada na faculdade, cuidando e estando ao meu lado nos momentos em que minha mãe mais precisou de apoio. A segunda, apesar do pouco contato, em nossos encontros eu enxergava em seus lindos olhos azuis o seu amor por mim, a felicidade de me ver e a alegria em saber que eu andava por caminhos certos, tanto terrenos quanto espirituais. Tenho certeza que, se estivessem aqui, estariam completamente orgulhosas de mais um ciclo da minha vida que se completa.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Naval e Oceânico.

Desenvolvimento de uma interface para um novo conceito de projeto, com telas interdisciplinares. Aplicação a um projeto de Supply Boat de 4500 DWT para o Pré-sal

Felipe Rodrigues de Siqueira Souza

Agosto/2014

Orientador: Richard David Schachter

Curso: Engenharia Naval e Oceânica

Desenvolveu-se um Programa de Computador e sua Interface para o Projeto de Embarcações utilizando um novo conceito: o da integração de fatores de projeto em telas multidisciplinares. Este Programa consiste de uma interface que aciona um programa de Arranjo Geral - desenvolvido neste trabalho - e outros de um sistema existente. Tem uma tela com ergonomia para acolher os cálculos e procedimentos dos diferentes fatores de projeto, como Definição de Forma, Topologia Estrutural, etc. O programa da forma foi totalmente revisado neste trabalho, para permitir a compatibilidade das rotinas. Foi programado um processo de ‘drag and drop’ com abas e objetos internos pré-definidos e editáveis (dimensões e pesos). Todas as ligações necessárias foram criadas. Algumas rotinas pertinentes ao fator Arranjo Geral, como verificações em tempo real do equilíbrio, foram desenvolvidas e dados da topologia estrutural podem ser importados e incorporados ao projeto. O sistema foi testado utilizando o projeto de um Supply Boat de 4500 DWT. Um novo conceito de projeto naval foi desenvolvido, que é mais rápido, sem perder precisão, na forma de um programa de computador que cumpre e demonstra este conceito.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Naval and Ocean Engineer.

Computer interface development for a new design concept, with interdisciplinary screens – Design application for a 4500 DWT Supply Boat for the pre-salt area

Felipe Rodrigues de Siqueira Souza

August/2014

Advisor: Richard David Schachter

Major: Naval and Ocean Engineering

A computer software and its graphical interface were developed for ship design, based on a new concept: the integration of design factors on multidisciplinary screens. This software is constituted of an interface that triggers a general arrangement interface, developed during this work, and others from an existing platform assembled with a screen for calculation and procedures of each different design factor, such as hull form definition, structure, etc. This is the initial version of this software, and it interacts with the existing routines for the related factors mentioned. The hull form definition routine was fully reviewed in order to allow compatibility among all the procedures. The user interface was developed in order to also comprise the others routines, converging them. A drag-and-drop process was implemented with pre-defined and editable tabs and internal objects (weights and dimensions). All the necessary connections were created. Some routines related to general arrangement with real time equilibrium verification were coded, and data from structural calculations can be imported and added to the design, among others features. The system was tested with a 4500 DWT Supply Boat conceptual design. A new concept for marine design was developed, faster, without precision loss, with a multidisciplinary concept of software ergonomics, which meets and performs this concept.

## Índice:

1. Introdução.....	1
2. O Sistema SFDS.....	2
2.1. A Ideia do Sistema.....	2
2.2. O que são as Telas Interdisciplinares .....	2
2.3. O módulo da Forma (PHF).....	4
2.4. O módulo da Estrutura (HSStruct) .....	4
2.5. O módulo do Arranjo Geral (GALW) .....	5
2.5.1. Espaço Ergonômico .....	5
2.5.2. Equilíbrio Hidrostático .....	6
2.6. O módulo HCS .....	7
2.7. A Interface SFDS - PHF.....	8
2.7.1. Arquivos do Sistema.....	8
2.7.2. Principais dados de entrada da Forma .....	9
2.7.3. Balizas de Entrada .....	10
2.7.4. Definição da Baliza.....	10
2.7.5. Geração da Forma .....	11
2.7.6. Modos de Visualização .....	11
2.7.7. Vista Superior (x-y) .....	11
2.7.8. Vista Lateral (x-z).....	12
2.7.9. Vista Frontal (y-z).....	12
2.7.10. Vista 3D (x-y-z) .....	13
2.8. A Interface SFDS – GALW.....	13
2.8.1. Barra de Ferramentas .....	14
2.8.2. Elementos de Objeto .....	15
2.8.3. Objeto Selecionado .....	15
2.8.4. Modos de Visualização .....	16
2.8.5. Vistas do GALW .....	16
2.8.6. Editor de Objeto .....	18
2.8.7. Editor de Grupo de Objetos .....	19
2.9. Estrutura do Arquivo de Projeto.....	19
2.10. Ligação do Sistema com o High Speed Structural Design .....	20
2.11. Estrutura do Arquivo de Grupo de Objetos .....	20



3. Manual do Sistema SFDS .....	20
3.1. Gerando a Forma .....	20
3.1.1. Entrando com as balizas .....	21
3.2. Gerando a Estrutura.....	22
3.2.1. Importação do Arquivo da Forma.....	22
3.2.2. Parâmetros de Entrada .....	22
3.2.3. Cálculo da Regra.....	22
3.2.4. Detalhamento da Estrutura.....	23
3.2.4.1. Definição do Espaçamento de Cavernas .....	23
3.2.5. Salvando a estrutura.....	25
3.3. Gerando o Arranjo Geral .....	25
3.3.1. Importando a Estrutura .....	25
3.3.2. Criando Objeto.....	26
3.3.3. Criando Grupo de Objetos .....	28
3.3.4. Exportando e Importando Grupo em Arquivo .....	30
3.3.5. Calculando Equilíbrio Hidrostático .....	30
4. Aplicação: Supply Boat 4500 DWT.....	31
5. Trabalhos Futuros.....	44
5.1. PHF.....	44
5.2. GALW .....	44
5.3. Sistema SFDS .....	45
6. Conclusão.....	45
7. Referências .....	46

## 1. Introdução

O presente trabalho trata-se de um sistema de computador, o qual é destinado para um novo conceito de projeto de embarcações: “projetar em um único sistema, com mais rapidez e praticidade, sem perder precisão”. Além disso, outro objetivo a ser atingido deste sistema é permitir que o projeto da embarcação seja feito em qualquer sequência.

Até então, o Sistema tem rotinas de Definição da Forma do Casco, Hidrostáticas, Cruzadas e Estabilidade, Seakeeping, Equilíbrio Dinâmico (Resistência ao Avanço de Lanchas), Propulsão, Topologia Estrutural, estas para Embarcações, e Arranjo Geral para Plataformas Flutuantes (com Forma, Peso Leve, Equilíbrio, Estabilidade Intacta e Avariada). O módulo da forma do casco (Planing Hull Form - PHF), juntamente com o desenvolvimento do sistema, foi atualizado para sua terceira versão (PHF 3), que tem como principal diferencial em relação ao “PHF 1”[1], a estrutura dos campos dos dados de entrada e a visualização tridimensional em perspectiva, que possibilita ao usuário enxergar melhor o seu projeto. O módulo do fator de projeto “Arranjo Geral” (General Arrangement and Light Weight - GALW) foi desenvolvido no próprio sistema e baseado na estrutura desenvolvida no sistema computacional para o projeto preliminar de plataformas flutuantes. Apesar do módulo do fator de projeto “estrutura”, que também já foi desenvolvido de forma independente, ainda não estar incorporado ao sistema, este, de modo provisório, importa a estrutura, como será explicado adiante.

O Sistema, chamado “Solution Focused Design System - SFDS”, é uma ferramenta que permite ao projetista naval projetar a forma da embarcação de um modo bastante prático e profissional, utilizando poucos e suficientes dados de entrada, permitindo ao usuário testar esses dados em tempo real de modo visual, i.e., conforme os dados do casco da embarcação são fornecidos, o usuário tem a liberdade de gerar a forma. Após a definição da forma do casco, o usuário deve exportar a mesma para que a estrutura seja projetada em seu programa independente, o High Speed Structural Design [2] (provisoriamente). Terminado o projeto da estrutura, o usuário deve retornar ao SFDS para importar a estrutura no sistema. Por último, o usuário passa para o segundo módulo, para projetar os objetos da embarcação. No GALW, o usuário tem a possibilidade de, além de projetar o arranjo geral, verificar o peso leve da embarcação, bem como verificar as condições de equilíbrio estático da embarcação (calado, trim e banda). O programa GALW foi ergonomicamente projetado para permitir que se arranje os equipamentos na interface (com ‘drag and drop’ e movimentações com o *mouse*), já tendo importado a forma e o peso e CG do casco e da estrutura, fornecendo em tempo real o calado, o trim e a banda daquela posição, até a consolidação do arranjo.

## **2. O Sistema SFDS**

Neste capítulo, serão explicadas, em detalhes, as características que compõem o sistema, desde o tratamento dos dados de entrada e de saída, os componentes do sistema, até as estratégias funcionais adotadas para que o usuário tenha uma ótima ferramenta de projeto.

### **2.1. A Ideia do Sistema**

O sistema SFDS foi baseado na metodologia de projeto proposta por Schachter et al. [3] e Schachter [4], foi pensado de modo a integrar ferramentas de análise envolvidas no projeto conceitual, funcionando como um gerenciador de inputs e outputs. Com uma filosofia de arquivo de dados único (arquivo com a extensão .SFD), o SFDS disponibilizará, quando apresentar todos os módulos totalmente integrados, as informações de qualquer programa do sistema para todos os demais, evitando que os mesmos inputs precisem ser informados várias vezes. Todos os programas componentes do sistema serão executados dentro de um único ambiente (telas interdisciplinares), reduzindo drasticamente o tempo de adaptação do projetista e facilitando o fluxo de trabalho no desenvolvimento dos projetos.

A transferência de dados entre os aplicativos é automática, uma vez que todos os parâmetros e variáveis de um mesmo projeto são armazenados no mesmo arquivo e compartilhados dentro do sistema. Um ganho ainda maior na produtividade é alcançado com a importação e exportação de dados para aplicativos externos que realizem algum tipo de análise ainda não disponível no sistema.

O sistema, cujas ferramentas multidisciplinares são altamente integradas, é voltado para o gerenciamento de projetos de embarcações. A redução do tempo de elaboração dos projetos é reforçada com a possibilidade de execução simultânea de aplicações de diferentes disciplinas, em diferentes etapas de desenvolvimento.

### **2.2. O que são as Telas Interdisciplinares**

São as telas de cada módulo do sistema SFDS, que são caracterizadas pela padronização visual do objeto de projeto, ou seja, mesmo que o usuário trabalhe em módulos diferentes, por exemplo, módulo da forma e módulo do arranjo geral, a ideia do SFDS é manter a interação do software com o usuário de forma padrão, fornecendo ferramentas equivalentes entre os módulos em um mesmo local da tela, é claro que isso inclui a disposição das vistas da embarcação.

Até o presente momento, como já foi citado, apenas os módulos da forma e arranjo geral foram totalmente integrados, logo, a padronização acima citada vale em 100% apenas para esses módulos.

A seguir é mostrado um exemplo, comparando a tela do módulo da forma (primeira) com a tela do módulo do arranjo geral (segunda), para comprovar a padronização citada.

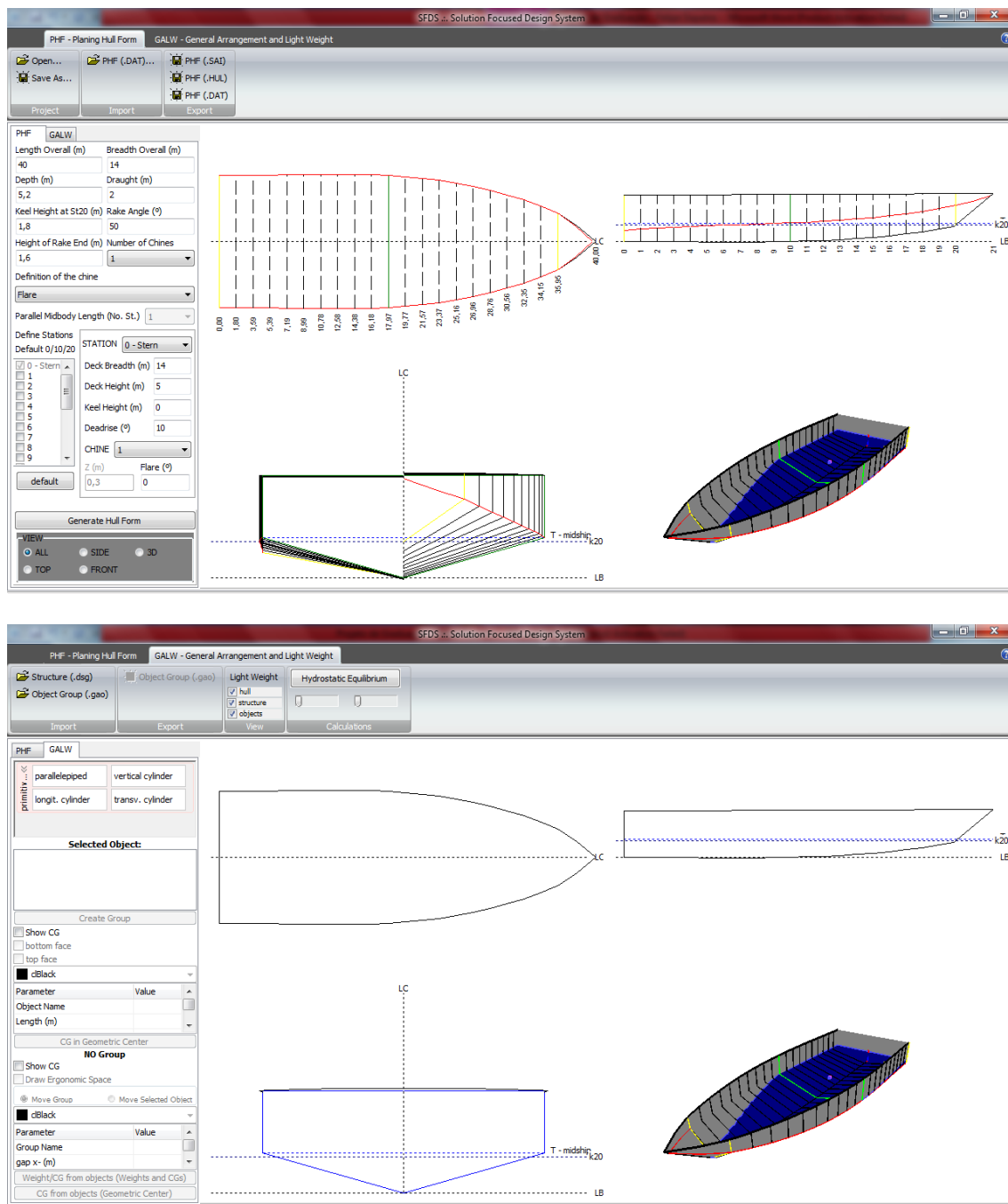


Figura 2.1 - Telas Interdisciplinares

### **2.3. O módulo da Forma (PHF)**

O módulo da forma integrado ao SFDS (PHF 3) surgiu a partir de atualizações do PHF antigo (PHF 1 - que roda apenas na base de dados do DOS) e do PHF 2 [5]. O grande diferencial do PHF 3, aqui desenvolvido, é que ele apresenta uma forma de interação com o usuário mais abrangente e prática, além de ser o único totalmente integrado ao sistema SFDS, o qual inclui outras disciplinas do projeto.

Para uma precisa representação geométrica da forma do casco, são necessários curvas que reflitam as propriedades seccionais da embarcação em qualquer posição longitudinal ao longo do seu comprimento. Para garantir essa propriedade, essas curvas são geradas no PHF utilizando B-splines cúbicas uniformes. Foram aplicadas para o desenho do perfil e para as linhas d'água.

O método de definição da geometria do casco é baseado em dimensões estratégicas e três balizas padrões orientadoras da forma (até 21 balizas podem ser prescritas). Em tais seções – de fornecimento obrigatório – o projetista aplica as propriedades que caracterizam o tipo de embarcação projetada e o módulo representa uma forma preliminar, podendo esta ser aperfeiçoada durante o decorrer do processo.

O PHF permite a criação de geometrias de casco com deadrise negativo, possibilitando assim o projeto de embarcações de casco invertido e embarcações multi-casco.

### **2.4. O módulo da Estrutura (HSStruct)**

É o módulo utilizado pelo projetista para projetar a estrutura da embarcação, 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, será necessário que o usuário informe 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, incluindo conveses e anteparas, o usuário pode visualizar os resultados do cálculo do peso estrutural (e CG), e os cálculos do módulo de seção da estrutura, verificando se estes atendem 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 aonde estes sejam necessários.

É importante dizer, neste momento, que esse módulo ainda não foi totalmente integrado ao sistema SFDS, ou seja, sua interface ainda não apresenta o mesmo padrão

dos módulos já integrados e o programa ainda abre independentemente. Mas que já apresenta a mínima integração necessária para o projetista, possibilitando ao mesmo exportar a forma da embarcação para o aplicativo da estrutura, desenvolver a topologia estrutural e exportá-la para o SFDS, para continuidade do projeto.

## **2.5. O módulo do Arranjo Geral (GALW)**

O módulo GALW foi desenvolvido juntamente com o sistema SFDS. Foi baseado no “sistema computacional para o projeto preliminar de plataformas flutuantes” [6], com a ideia de que objetos reais são formados por conjuntos de objetos espaciais primitivos (cilindro, paralelepípedo,...). Além disso, a filosofia de criação do arranjo geral é dada pelo processo de “*drag and drop*” (“arrastar e largar”), que é a ação de clicar em um objeto virtual e “arrastá-lo” a uma posição diferente ou sobre um outro objeto virtual. Dessa forma, o projetista ganha muito tempo ao projetar uma embarcação, principalmente se os objetos necessários para a mesma já foram criados e salvos em arquivo.

No GALW, o usuário pode criar objetos utilizando esses objetos primitivos, formando grupos, ou pode importar por arquivo (arquivo “.gao” – *general arrangement object*), que é o grande diferencial do sistema, objetos já criados em um projeto anterior, agilizando o processo de projeto.

Outros grandes diferenciais do GALW é que o usuário pode verificar a condição de equilíbrio hidrostático atual do projeto, conforme os objetos são inseridos, e ele pode definir os espaços ergonômicos dos grupos de objetos.

Nessa primeira versão do módulo GALW, o usuário tem 4 opções de objeto primitivo: paralelepípedo, cilindro vertical, cilindro longitudinal e cilindro transversal.

Para reduzir um pouco a variedade de objetos criados e salvos em arquivos, e acelerar mais ainda o trabalho do projetista, a ideia é que nas próximas versões do sistema existam objetos pré-definidos além dos primitivos, como por exemplo, motores, escadas, propulsores, balaustres, etc.

### **2.5.1. Espaço Ergonômico**

O objetivo do espaço ergonômico é mostrar ao projetista o espaço em que ele não deve inserir nenhum outro objeto. Por exemplo, o espaço ergonômico de uma cadeira deve ser capaz de garantir que o tripulante seja capaz de utilizar o assento sem que nenhum outro objeto o atrapalhe ou o bloqueie.

O usuário tem a liberdade de alterar *gaps* independentes, por exemplo, alterar apenas o espaço ergonômico de cima (cabeça) e da frente (pernas) da cadeira.



**Figura 2.2 - Gaps ajustáveis**

### **2.5.2. Equilíbrio Hidrostático**

Para calcular o equilíbrio hidrostático, a geometria da forma da embarcação é dividida em triângulos, estes que têm as propriedades de área e pressão, de forma a determinar o empuxo e centro de carena da embarcação.

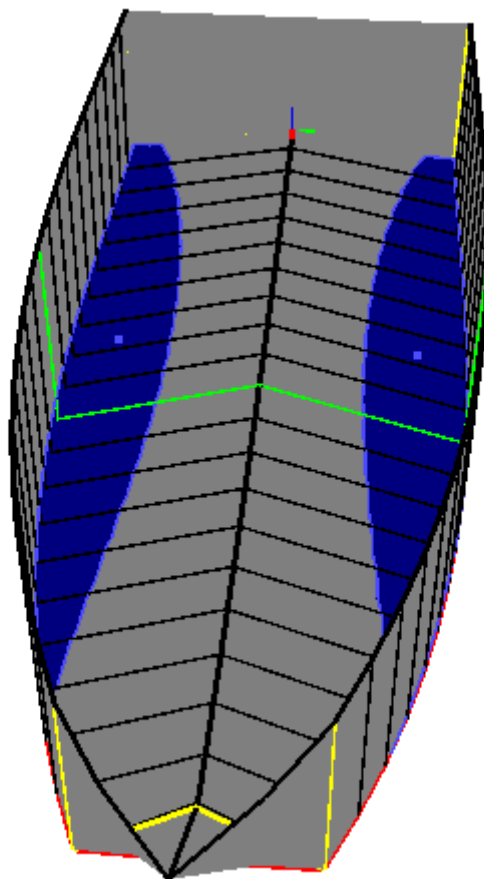
Após a definição dos triângulos, é feita uma redefinição dos triângulos, de forma a dividir triângulos que são cortados pelo plano de flutuação.

Dessa forma, existe um procedimento implementado que determina as projeções do centro de carena e do centro de gravidade no plano de flutuação, este que é definido pela equação geral do plano no espaço ( $ax + by + cz + d = 0$ ).

Para determinar o equilíbrio, duas condições devem ser satisfeitas: condição de força (empuxo igual ao peso) e de momento (projeção do centro de gravidade cônica à projeção do centro de carena). Enquanto as condições não são satisfeitas, o plano de flutuação sofre mudanças de modo a aproximar o empuxo ao peso e aproximar as projeções dos centros de massa e de carena. (processo iterativo).

A ideia adotada aqui foi baseada no sistema EEFG (“Equilíbrio de Estruturas Flutuantes Gerais”) [7], o qual foi desenvolvido na disciplina de Arquitetura Naval I, pelo próprio autor deste trabalho.

Vale ressaltar que esse método também funciona para cascos invertidos ou multi-cascos, não havendo limite de interseções do casco com o plano de flutuação.



**Figura 2.3 – Casco “Vê” Invertido**

## **2.6. O módulo HCS**

Após a integração completa do módulo de estrutura, o módulo HCS [8], que é uma ferramenta para cálculos hidrostáticos e de estabilidade, será também integrado ao sistema.

No HCS são calculadas as características hidrostáticas, como: deslocamento, tonelada por centímetro de imersão, centro de carena e flutuação, altura metacêntrica, entre outras. Também são calculadas as curvas cruzadas de estabilidade (curvas de KN) e as curvas de estabilidade estática (curvas GZ) intacta, além de sua avaliação por diversos critérios.

Como o HCS é composto por disciplinas de projeto que influenciam menos outros fatores de projeto, pelo caráter restritivo da Estabilidade (i.e., apenas se avalia, se não passar, recicla-se o projeto), deixou-se para uma fase posterior a integração do HCS ao Sistema.



## 2.7. A Interface SFDS - PHF

A seguir, serão detalhadas as partes que compõem a interface do sistema. Primeiramente, será mostrada a interface do módulo PHF (Figura 2.4), e, em seguida, do módulo GALW (Figura 2.16). Os detalhes do módulo PHF (Figura 2.4) estão mostrados nas Figuras 2.5 à 2.15 e os detalhes do módulo GALW (Figura 2.16) estão mostrados nas Figuras 2.17 à 2.28.

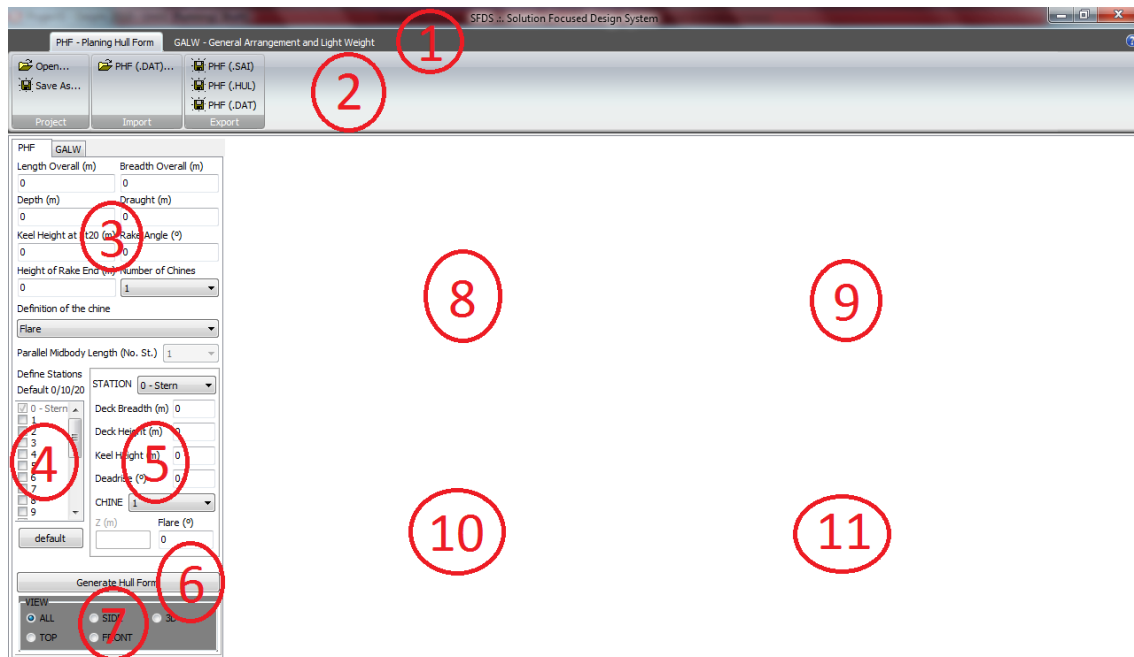


Figura 2.4 - Interface SFDS – PHF



Figura 2.5 - Seleção do Módulo

(1) – Barra de escolha do módulo de projeto;

### 2.7.1. Arquivos do Sistema



Figura 2.6 – Arquivos do Sistema

- (2) – Nesta barra, o usuário abre, salva, exporta ou importa arquivos;
- Project – Open: abre arquivos de projeto (extensão SFD);
  - Project – Save As: salva o projeto (extensão SFD);
  - Import – PHF: importa a forma gerada na primeira versão do PHF (extensão DAT);
  - Export – PHF (SAI): exporta a forma da embarcação para ser importada no sistema de “estrutura”;
  - Export – PHF (HUL): exporta a forma da embarcação para ser usada no software HECSALV;
  - Export – PHF (DAT): exporta a forma da embarcação para ser usada eventualmente no próprio sistema SFDS.

### 2.7.2. Principais dados de entrada da Forma

The image shows a software interface for entering hull form data. It has two tabs: 'PHF' (selected) and 'GALW'. The form contains several input fields and dropdown menus. A red circle with the number '3' highlights the 'Keel Height at St20 (m)' field. The fields are arranged in two columns. The first column contains: 'Length Overall (m)' (0), 'Depth (m)' (0), 'Keel Height at St20 (m)' (0), and 'Height of Rake End (m)' (0). The second column contains: 'Breadth Overall (m)' (0), 'Draught (m)' (0), 'Rake Angle (°)' (0), and 'Number of Chines' (1). At the bottom, there is a dropdown menu for 'Definition of the chine' set to 'Flare'.

Field	Value
Length Overall (m)	0
Breadth Overall (m)	0
Depth (m)	0
Draught (m)	0
Keel Height at St20 (m)	0
Rake Angle (°)	0
Height of Rake End (m)	0
Number of Chines	1
Definition of the chine	Flare

Figura 2.7 – Principais dados de entrada da forma

- (3) – Aqui o usuário define as principais características da geometria da embarcação;

Pode-se notar aqui uma limitação: nesta versão inicial só é possível projetar embarcações quinadas, ou aproximar um casco não quinado em um casco com 6 quinas, que é o limite de quinas aceitável do sistema independente provisório do programa High Speed Structural Design.

O campo “Keel Height at St20” faz referência à altura da quilha na baliza 20, esta que será explicada no próximo tópico.

### 2.7.3. Balizas de Entrada

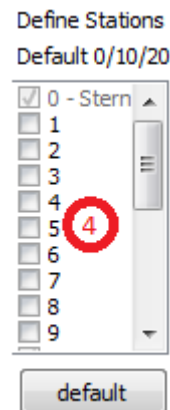


Figura 2.8 – Balizas de Entrada

- (4) – A estratégia do programa PHF [5] é dividir o comprimento entre o espelho de popa da embarcação e a posição longitudinal do início do rake de proa em 21 balizas igualmente espaçadas, da baliza 0 (espelho de popa), passando pela baliza 10 (Seção Mestra), até a baliza 20. A partir dessa divisão, por padrão, o usuário é obrigado a definir essas 3 balizas (0,10 e 20), e, além disso, pode escolher quais outras dessas balizas quer definir. As balizas não escolhidas pelo usuário são determinadas por interpolação cúbica em cada respectiva quina. Para haver suavidade ao longo das quinas, são feitas médias nas interpolações de modo a garantir as mesmas inclinações nos nós das cúbicas. Também há aqui uma limitação nesta versão inicial: não sendo possível entrar com os dados de balizas distintas dessas.

### 2.7.4. Definição da Baliza

A screenshot of a software window titled "Definition of the Buoy". It contains several input fields and dropdown menus. At the top is a dropdown menu labeled "STATION" with "0 - Stern" selected. Below it are four input fields: "Deck Breadth (m)" with value 0, "Deck Height (m)" with value 0, "Keel Height (m)" with value 0, and "Deadrise (°)" with value 0. The "Deadrise (°)" field is highlighted with a red circle and the number "5" inside it. Below these is a dropdown menu labeled "CHINE" with "1" selected. At the bottom are two more input fields: "Z (m)" and "Flare (°)", both with value 0.

Figura 2.9 – Definição da Baliza

- (5) – Nesta parte, são fornecidos os dados de entrada de cada baliza.

### 2.7.5. Geração da Forma

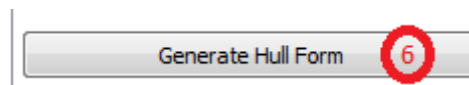


Figura 2.10 – Geração da Forma

- (6) – Para efetivar os dados de entrada fornecidos é necessário utilizar esse botão para gerar a forma.

### 2.7.6. Modos de Visualização

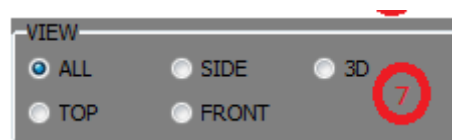


Figura 2.11 – Modos de Visualização

- (7) – Para melhor visualização detalhada do projeto, o sistema fornece a possibilidade de maximizar (tela inteira) uma específica vista do projeto.

### 2.7.7. Vista Superior (x-y)

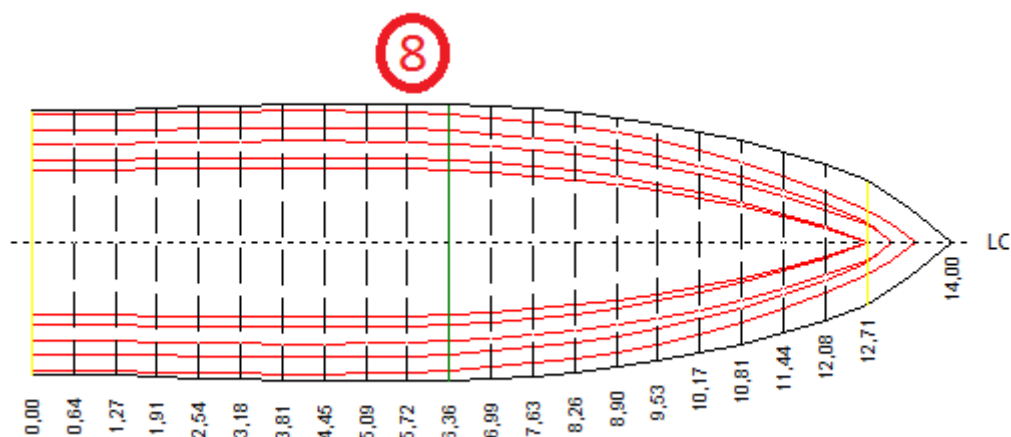


Figura 2.12 – Vista Superior (x-y)

- (8) – As balizas amarelas representam as balizas 0 (Popa) e 20 (Proa), a verde representa a 10 (Seção Mestra), as azuis representam outras balizas de entradas, e, as pretas, balizas não informadas e determinadas por interpolação cúbica.

### 2.7.8. Vista Lateral (x-z)

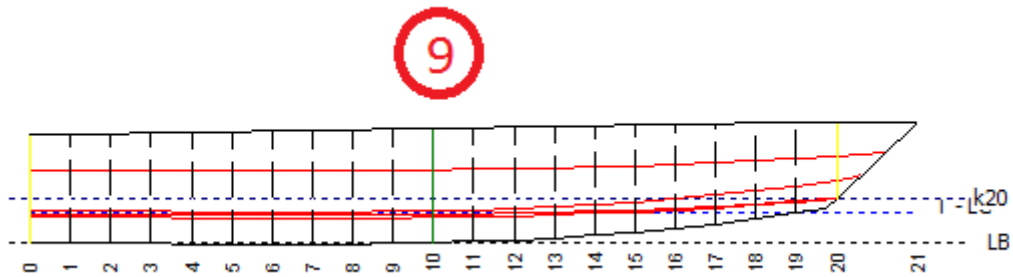


Figura 2.13 – Vista Lateral (x-z)

- (9) – A limitação citada do número limitado de balizas de entrada pode ser facilmente observada nessa imagem, pois o castelo de proa poderia, por exemplo, começar em uma posição longitudinal que se estabelece entre 2 balizas de entrada.

### 2.7.9. Vista Frontal (y-z)



Figura 2.14 – Vista Frontal (y-z)

- (10) – As balizas de 0 a 9 são desenhadas apenas o bordo boreste, a baliza 10 é desenhada nos dois bordos e as balizas de 11 a 20 são desenhadas apenas o bordo bombordo.

### 2.7.10. Vista 3D (x-y-z)

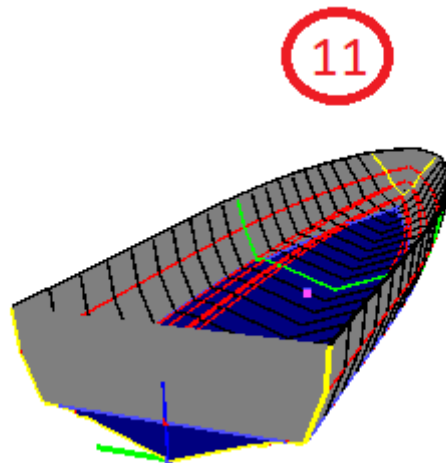


Figura 2.15 – Vista 3D (x-y-z)

- (11) – Foi utilizada a biblioteca OpenGL para desenhar a embarcação tridimensionalmente. O usuário tem a liberdade de girar o objeto de projeto de modo orbital utilizando o mouse (um grande avanço da versão inicial do PHF).

## 2.8. A Interface SFDS – GALW

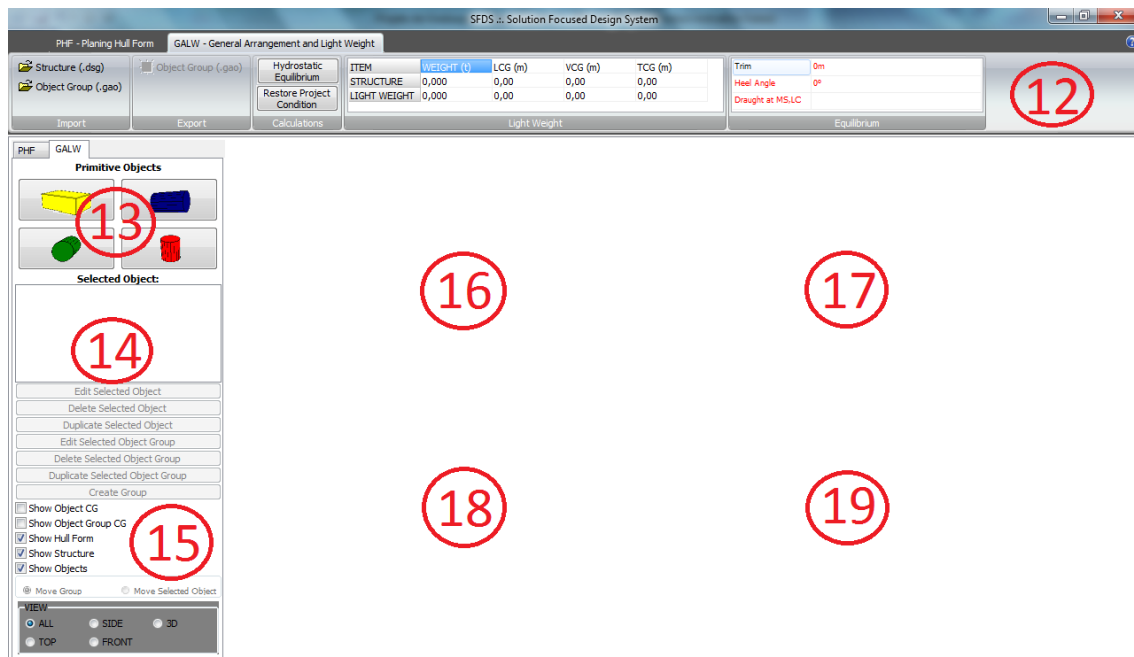


Figura 2.16 – A Interface SFDS – GALW

### 2.8.1. Barra de Ferramentas

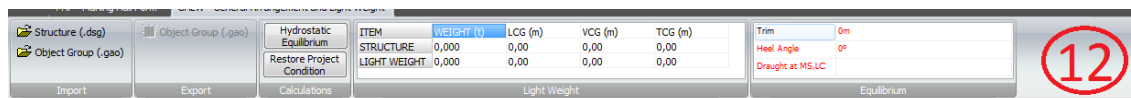


Figura 2.17 – Barra de Ferramentas

(12) – Barra de Ferramentas do módulo GALW.

Import – Structure: é aqui que o usuário importa a estrutura gerada no software High Speed Structural Design;

Import – Object Group: importação de arquivo de grupo de objetos gerado no próprio sistema SFDS (estratégia explicada mais adiante);

Export – Object Group: exportação do grupo de objetos selecionado para arquivo externo, para futura utilização;

Light Weight: exibe todos os componentes da embarcação, bem como seus pesos e cgs, além de mostrar o peso leve do objeto de projeto; o projetista tem a vantagem de editar os pesos e cgs dos objetos na própria tabela. O centro de massa é determinado através do momento de massa de cada componente.

ITEM	WEIGHT (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
STRUCTURE	0,000	0,00	0,00	0,00
LIGHT WEIGHT	0,000	0,00	0,00	0,00

Light Weight

Figura 2.18 – Light Weight

Calculations – Hydrostatic Equilibrium: a qualquer momento o usuário pode verificar a posição de equilíbrio estático da embarcação para a configuração de pesos atual. Ele também pode restaurar a condição de calado de projeto. A partir de qualquer mudança feita na distribuição de pesos da embarcação, os resultados de equilíbrio são postos em cor vermelha, de forma a dizer que a embarcação não está na condição de equilíbrio atual.

Equilibrium: aqui é onde o usuário verifica as condições de equilíbrio (trim, banda e calado).

Trim	0m
Heel Angle	0°
Draught at MS,LC	

Equilibrium

Figura 2.19 – Equilibrium

### 2.8.2. Elementos de Objeto

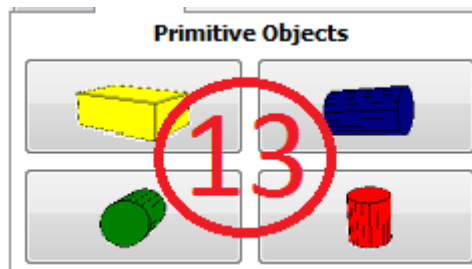


Figura 2.20 – Elementos de Objeto

- (13) – Existem duas opções de objeto: criar o objeto utilizando elementos do sistema ou criar objeto importando o “Group Object” (que foi gerado anteriormente no próprio sistema utilizando esses mesmos elementos).

### 2.8.3. Objeto Seleccionado

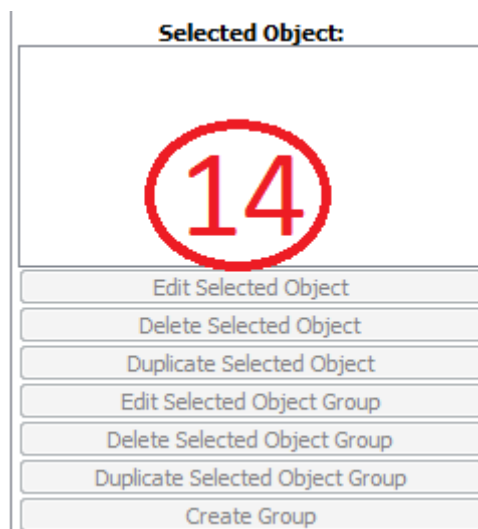


Figura 2.21 – Objeto Seleccionado

- (14) – O usuário tem a possibilidade de criar grupo para vários objetos elementais seleccionados. Afinal, um objeto real geralmente é formado por vários objetos elementais. Além disso, é possível deletar ou copiar objetos ou grupos criados, de forma a corrigir um possível erro de projeto e facilitar a criação de objetos em série, respectivamente.



#### 2.8.4. Modos de Visualização

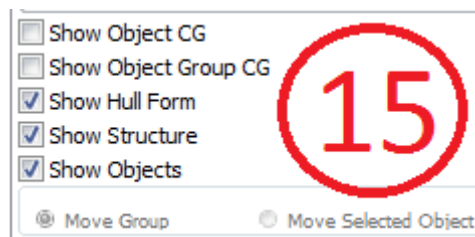


Figura 2.22 – Modos de Visualização

- (15) – O usuário pode escolher em mostrar/esconder os centros de massa dos objetos e grupos, além da forma do casco, da estrutura e dos próprios objetos, o que possibilita uma visualização interna da embarcação. O usuário pode ainda escolher se deseja movimentar o grupo inteiro ou apenas o objeto selecionado do grupo a que ele pertence, de forma a manter o objeto no grupo.

#### 2.8.5. Vistas do GALW

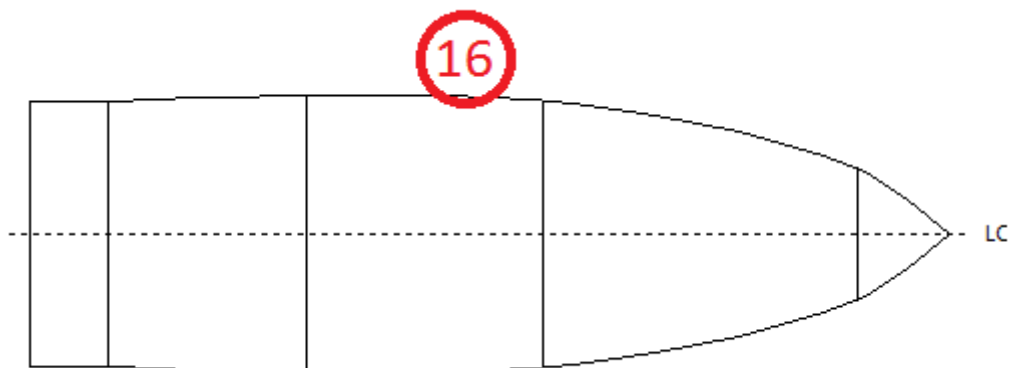


Figura 2.23 – Vista Superior (x-y) do GALW

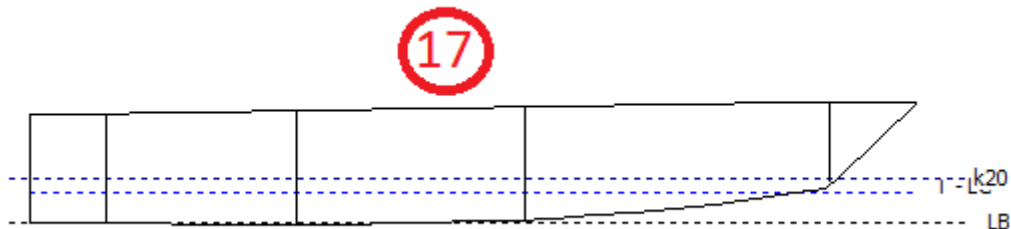
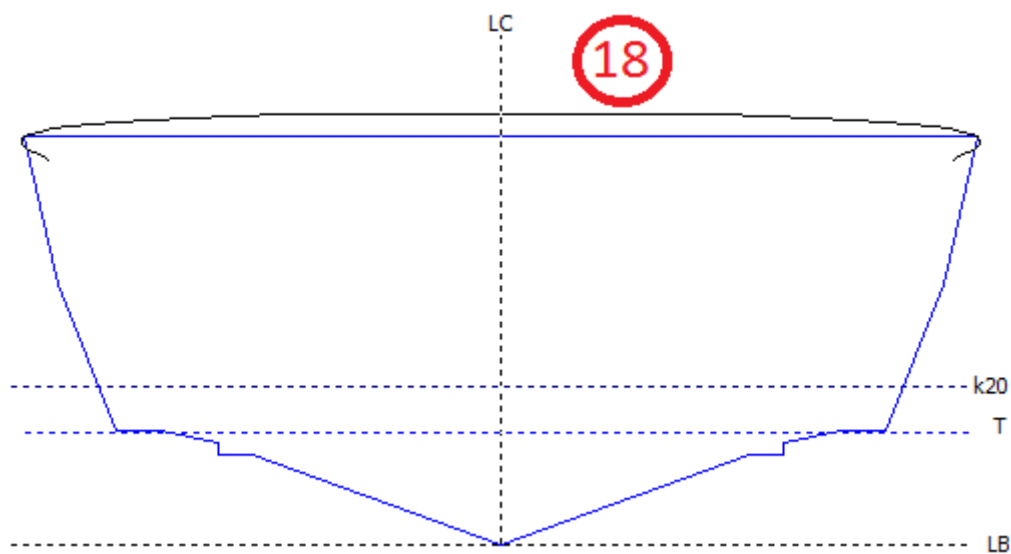
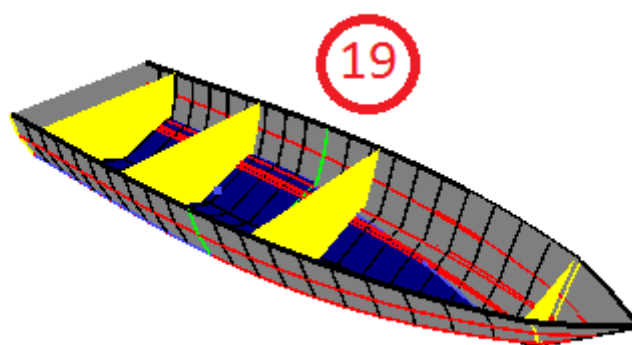


Figura 2.24 – Vista Lateral (x-z) do GALW



**Figura 2.25 – Vista Frontal (y-z) do GALW**



**Figura 2.26 – Vista 3D do GALW**

(16,17,18,19) - No módulo GALW, as balizas deixam de ser desenhadas, ficam apenas o contorno do casco, a estrutura (lidas do arquivo de saída de HSStruct) e os objetos da embarcação.

### 2.8.6. Editor de Objeto

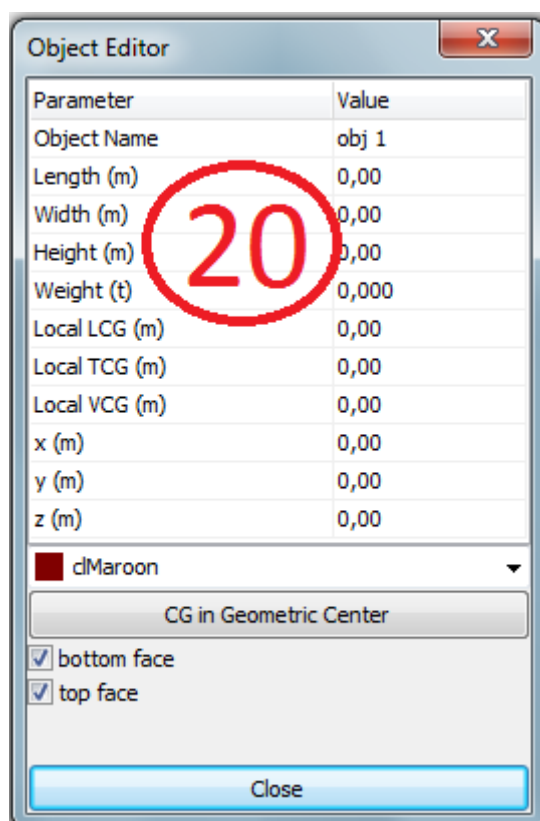


Figura 2.27 – Editor de Objeto

(20) – Aqui é onde o usuário define todas as características do objeto elemental criado e selecionado (paralelepípedo ou cilindro).

### 2.8.7. Editor de Grupo de Objetos

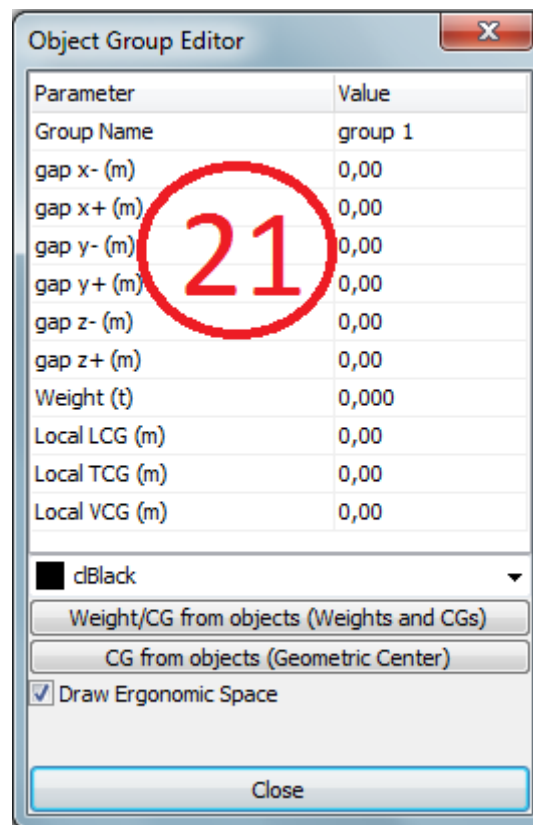


Figura 2.28 – Editor de Grupo de Objetos

(21) – Aqui é onde o usuário define todas as características do grupo de objetos criado. Duas grandes vantagens desse sistema, além de definir um objeto real utilizando vários objetos elementais, é que permite ao usuário mover todos os elementos do objeto formado de modo grupal e o usuário pode definir o espaço ergonômico do grupo.

## 2.9. Estrutura do Arquivo de Projeto

A ideia é que todas as variáveis de projeto sejam alocadas num mesmo arquivo, de modo a facilitar a continuação de um projeto salvo, além de permitir estruturar em futuro próximo o código para o projeto da embarcação em qualquer sequência (é claro que dados faltantes serão requisitados), o que é um grande diferencial deste Sistema.

Primeiramente, os dados de entrada da forma são inseridos, seguidos pelos dados das características dos elementos estruturais e seguidos dos dados dos objetos e, por fim, dados dos grupos de objetos.

## **2.10. Ligação do Sistema com o High Speed Structural Design**

Até que o módulo High Speed Structural Design não seja inserido no sistema SFDS, este apresenta uma estratégia para importar a estrutura. A estrutura é gerada e o arquivo de saída apresenta características de entrada da estrutura. Desta forma, foi necessário implementar no sistema um algoritmo para determinar a geometria de interseção de cada elemento estrutural com o casco da embarcação.

## **2.11. Estrutura do Arquivo de Grupo de Objetos**

Cada objeto criado apresenta uma variável característica que indica em qual grupo ele pertence (se esta variável é nula, significa que o objeto não pertence a nenhum grupo), permitindo assim, que o arquivo do grupo seja criado com informações dos objetos do grupo selecionado, além de ter informações do próprio grupo, como, por exemplo, do espaço ergonômico do mesmo.

## **3. Manual do Sistema SFDS**

### **3.1. Gerando a Forma**

O usuário deve fornecer um conjunto de parâmetros que influenciará decisivamente a forma final da embarcação. Uma vez que o software não utiliza banco de dados com informações de semelhantes, cabe ao projetista, com sua experiência, atribuir aos parâmetros solicitados valores coerentes com o tipo de embarcação projetada.

**Tabela 3.1 – Características da Forma**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Length Overall	Comprimento total
Breadth Overall	Boca máxima ao longo do comprimento
Depth	Altura da linha de base ao bico de proa
Draught	Calado de projeto
Keel Height at St20	Altura da quilha na baliza 20
Rake Angle	Ângulo de rake de proa
Height of Rake End	Altura do final do rake
Number of Chines	Número de quinas

O usuário deve escolher o modo de entrada da última quina: se ele pretende atribuir o ângulo de flare (inclinação do costado na altura do convés) ou se ele pretende definir a própria posição.

O usuário deve escolher na parte “Define Stations” quais as seções ele pretende dar entrada, lembrando que as entradas das seções 0 (espelho de popa), 10 (seção mestra) e 20 (perpendicular de vante) são obrigatórias. Todas as balizas são igualmente espaçadas, de modo que a posição longitudinal da baliza 0 é 0 e da baliza 20 é o comprimento total subtraído da porção longitudinal do rake de proa.

**Figura 3.1 – Gerando a Forma**

### 3.1.1. Entrando com as balizas

Após definir as características principais, agora o usuário deve fornecer os dados de cada baliza de entrada.

**Tabela 3.2 – Características das Balizas**

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
STATION	Baliza de entrada
Deck Breadth	Boca na baliza
Deck Height	Pontal na baliza
Keel Height	Altura da quilha na baliza
Deadrise	Deadrise na baliza
Chine	Quina de entrada
Y,Z e/ou Flare	Parâmetro da quina de entrada

Após todas as entradas, o usuário deve utilizar o botão “*Generate Hull Form*” para gerar a geometria da forma da embarcação. Lembrando que este botão pode ser pressionado a qualquer momento para modificar a forma.

Agora, antes de gerar a estrutura da embarcação, deve-se exportar o arquivo da forma, clicando em: “Export – PHF (.SAI)”.

## 3.2. Gerando a Estrutura

### 3.2.1. Importação do Arquivo da Forma

Para iniciar um novo projeto, o primeiro passo é importar a forma da embarcação. Para isso, deve-se acessar no menu principal (File) a opção “New Design” e em seguida “Import .SAI file”.

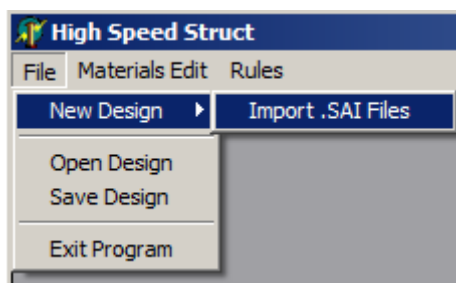


Figura 3.2 – Importar arquivo para novo projeto

### 3.2.2. Parâmetros de Entrada

Após abrir a forma da embarcação, o usuário deve preencher os parâmetros de entrada. Estes são o espaçamento de cavernas, espaçamento de reforçadores, o tipo de material de construção da estrutura (Aço ou Alumínio) e qual regra a ser utilizada para calcular os escantilhões e demais parâmetros (ABS HSNC ou ABS 90m).

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

Figura 3.3 – Parâmetros de Entrada

### 3.2.3. Cálculo da Regra

Após carregar a forma e preencher os parâmetros de entrada, o usuário pode então realizar o cálculo da regra selecionada. Ao pressionar o botão “Calculate Rules”,

os cálculos são realizados e seus resultados na tabela da tela principal. São mostrados os valores obtidos através da regra utilizada, e os valores adotados para elaboração da estrutura, com base nas espessuras comerciais disponíveis.

	ABS HSNC Value	Value Adopted
Section Modulus (cm <sup>2</sup> .m)	3145,74	
Moment of Inertia (cm <sup>2</sup> .m <sup>2</sup> )	6554,31	
Bottom Plating (mm)	8,80	9,50
Side Plating (mm)	7,88	8,00
Deck Plating (mm)	6,00	6,30
D. Bottom Plating (mm)	6,00	6,30
L. Decks Plating (mm)	6,00	6,30
Bulkhead Plating (mm)	11,30	11,90
Floors Sec. Mod. (cm <sup>3</sup> )	615,89	652,21
Frames Sec. Mod. (cm <sup>3</sup> )	232,33	239,62
Deck Transverse Sec. Mod. (cm <sup>3</sup> )	70,24	75,09
Bottom Stiff. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	193,67	201,19
Side Stiff. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	155,07	167,10
Deck Stiff. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	25,37	28,29
D. Bottom Stiff. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	16,69	19,58
L. Decks Stiff. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	16,69	19,58
Bottom Girder. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	968,34	988,43
Side Girder. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	775,33	793,55
Deck Girder. Sec. Mod.(cm <sup>3</sup> )	126,85	137,10

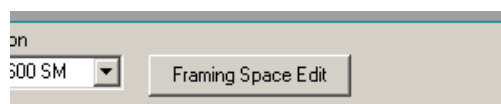
Rule Calculations | Steel Weight Calculations | Section Modulus Calculations

**Figura 3.4 – Resultados do Cálculo da Regra**

### 3.2.4. Detalhamento da Estrutura

#### 3.2.4.1. Definição do Espaçamento de Cavernas

Após realizar o cálculo da regra, o usuário pode começar a detalhar a estrutura, criando e editando os diversos elementos que a compõem. Ao pressionar o botão “Draw Structure”, uma nova tela é exibida, onde será possível realizar esse processo. A primeira etapa desse processo consiste em definir a posição das cavernas da embarcação. Para realizar tal, o usuário deve pressionar o botão “Framing Space Edit”, e a seguinte caixa será mostrada na tela.

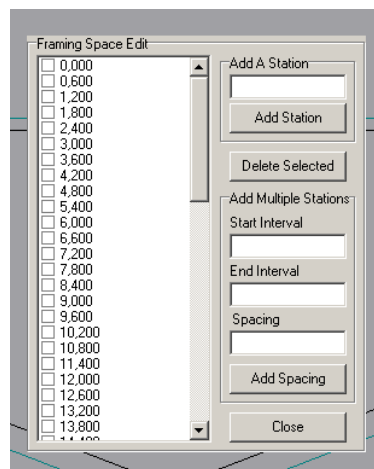


**Figura 3.5 – Botão de Edição do Espaçamento de Cavernas**

Como padrão, o programa cria as cavernas de acordo com o espaçamento utilizado para o cálculo da regra. O usuário pode adicionar uma caverna específica digitando sua posição longitudinal na caixa de edição “Add a Station” e em seguida clicando no botão “AddStation”. Para deletar uma ou mais cavernas, basta marca-las na lista e em seguida pressionar o botão “Delete Selected”. Para adicionar várias cavernas,



deve-se preencher nas caixas de edição “Start Interval” e “EndInterval” os limites da região onde as cavernas serão adicionadas e preencher a caixa de edição “Spacing” com o espaçamento de cavernas desejado.



**Figura 3.6 – Caixa de Edição do Espaçamento de Cavernas**

#### **3.2.4.2. Criação e Edição dos Elementos Estruturais**

Após definidas as posições das cavernas da embarcação, é possível iniciar a criação da topologia estrutural. O programa desenvolvido trabalha com os seguintes elementos estruturais que aparecem na Árvore de Controle “Structural Elements”:

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



Figura 3.7 – Elementos Estruturais

### 3.2.5. Salvando a estrutura

Após definir a estrutura da embarcação, o usuário deve salvá-la em um arquivo para sua posterior edição, visualização dos resultados e exportação para o SFDS. Para isso, ele deve acessar na tela principal, no menu principal a opção “File – >Save Design”:

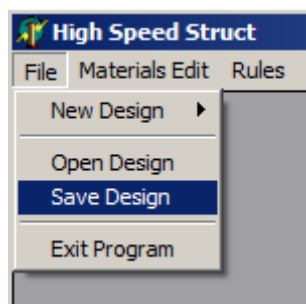


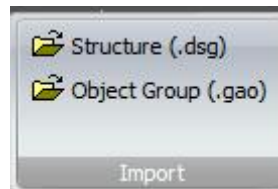
Figura 3.8 – Salvando a estrutura

Dessa maneira, uma caixa de diálogo irá aparecer para que o usuário possa salvar o arquivo na **extensão DSG (\*.dsg)**, que é o **arquivo de entrada da estrutura no projeto SFDS**.

## 3.3. Gerando o Arranjo Geral

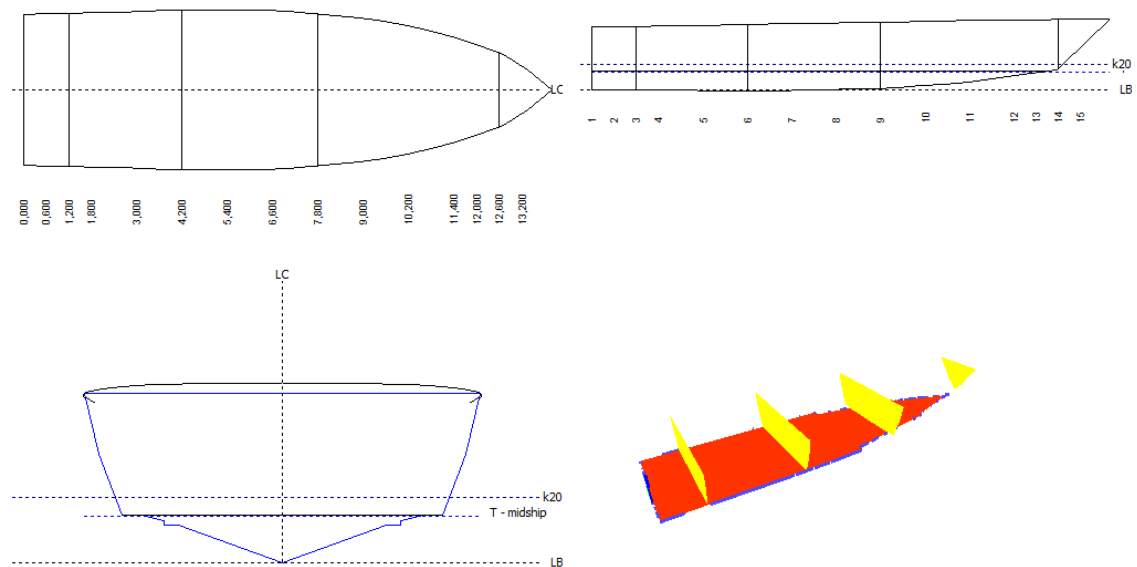
### 3.3.1. Importando a Estrutura

Após gerar a forma da embarcação e sua estrutura, esta deve ser importada no SFDS, utilizando a opção “Import – Structure (.dsg)”.



**Figura 3.9 – Importando Estrutura**

Após importar a estrutura, seu peso e cg serão acrescentados à tabela de peso leve da embarcação e será desenhada nas 4 vistas do arranjo.

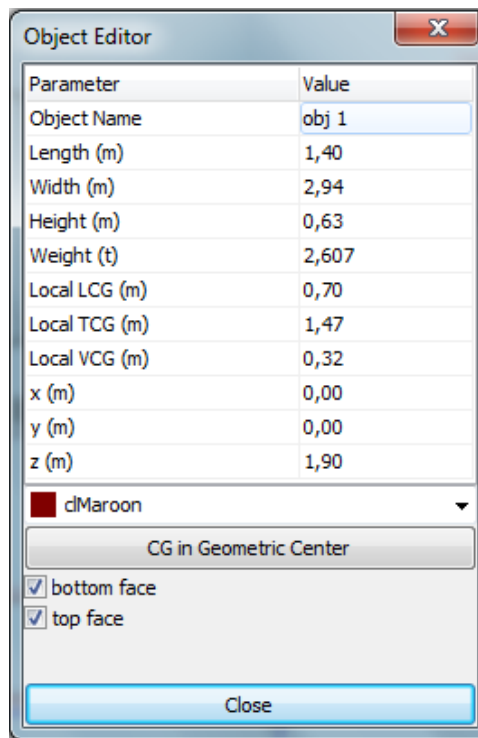


**Figura 3.10 – Estrutura Importada**

### 3.3.2. Criando Objeto

Para criar um objeto, o usuário deve escolher uma ou mais das quatro formas de objetos elementais: paralelepípedo, cilindro vertical, cilindro longitudinal e/ou cilindro transversal.

Após a escolha do elemento, será aberta uma janela de propriedades desse objeto, onde o usuário deve caracterizá-lo.



**Figura 3.11 – Editor de Objeto**

Object Name: nome do objeto;

Length: tamanho longitudinal do objeto (X);

Width: tamanho transversal do objeto (Y);

Height: tamanho vertical do objeto (Z);

Weight: peso do objeto (dica: se o objeto é parte elemental de um objeto real a ser criado [grupo de objetos], não há problema em deixar o peso desse elemento nulo, desde que se saiba o peso do grupo, o qual pode ser definido de modo independente aos elementos do grupo, e é exatamente o peso do grupo que entra no peso leve da embarcação);

Local LCG: LCG do objeto relativo a ele mesmo;

Local TCG: TCG do objeto relativo a ele mesmo;

Local VCG: VCG do objeto relativo a ele mesmo;

x,y,z: posicionamento global do objeto;

Cor: cor do objeto;

“CG in Geometric Center”: define o CG do objeto como sendo em seu centro geométrico (a mesma dica do peso do objeto vale aqui também);

Bottom face e top face: usado para criar objetos vazados.

Após definir as propriedades dos objetos, o usuário deve fechar essa janela. O posicionamento do objeto pode ser feito do modo já explicado ou pelo sistema “drag and drop”, posicionando o objeto com o mouse nas 3 vistas do arranjo.

Após gerar o objeto, este será inserido na lista de objetos, a qual permite a seleção de cada objeto para edição, cópia ou exclusão.

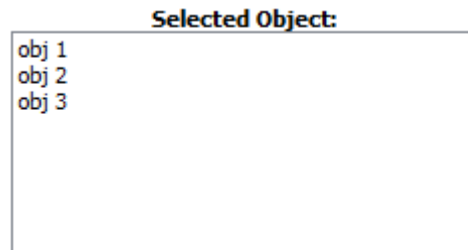


Figura 3.12 – Lista de Objetos e/ou Grupos

### 3.3.3. Criando Grupo de Objetos

Após a criação dos objetos, estes podem ser selecionados para a criação de um grupo. Para isso, basta clicar no botão “Create Group”.

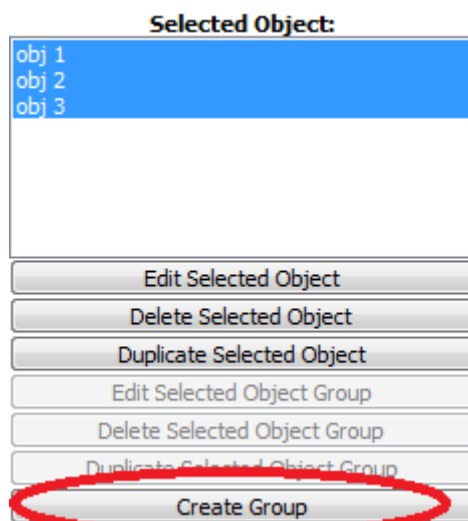
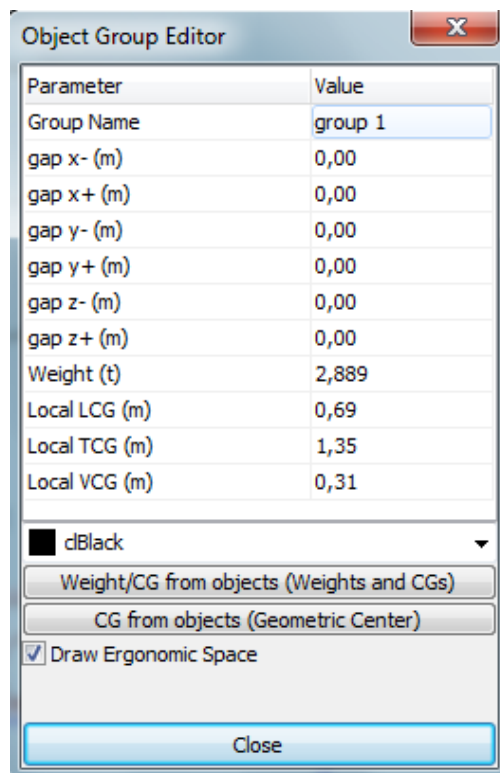


Figura 3.13 – Criando Grupo de Objetos

Após a criação do grupo, uma janela será aberta para definir as propriedades do grupo.



**Figura 3.14 – Definindo Grupo de Objetos**

Group Name: nome do grupo;

Gaps: gaps entre o contorno de todos os objetos do grupo e o espaço ergonômico do mesmo. Para o exemplo da figura 2.2, por exemplo, aquele grupo de objetos tem apenas os gaps de cima e da frente do assento diferentes de ZERO;

Weight: peso do grupo (este que entrará para o peso leve da embarcação);

Local LCG: LCG do grupo relativo a ele mesmo (sem considerar o espaço ergonômico);

Local TCG: TCG do grupo relativo a ele mesmo (sem considerar o espaço ergonômico);

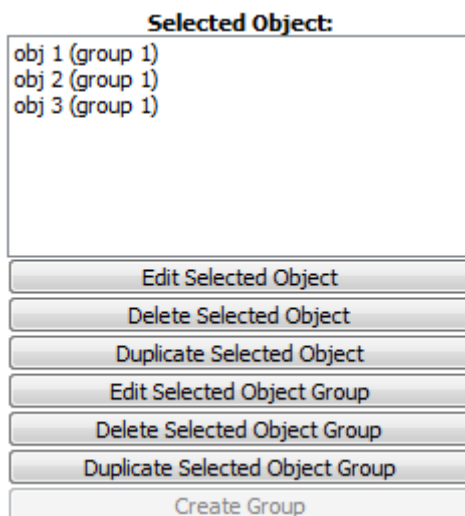
Local VCG: VCG do grupo relativo a ele mesmo (sem considerar o espaço ergonômico);

“Weight/CG from objects (Weights and CGs)”: define o peso e cg do grupo, a partir do momento de massa de todos os elementos do grupo (usado quando se conhece o peso de cada elemento);

“CG from objects (Geometric Center)”: define apenas o cg do grupo, a partir do centro geométrico do conjunto dos objetos do grupo (usado quando se conhece o peso do grupo e quando se considera elementos homogêneos);

Draw Ergonomic Space: desenha o espaço ergonômico, quando for o caso.

Após criado, os objetos pertencentes ao grupo passarão a ter seus nomes listados de forma distinta, com o nome de seu grupo, além de seu próprio nome.



**Figura 3.15 – Grupo de Objetos**

Os grupos também podem ser editados, deletados ou duplicados.

O seu posicionamento também é feito pelo sistema “drag and drop”.

Observação: um grupo pode ser formado até mesmo por um único elemento.

### **3.3.4. Exportando e Importando Grupo em Arquivo**

O Sistema oferece uma grande vantagem, a de permitir o salvamento em arquivo (\*.GAO) de grupos criados, para utilização futura.

Para fazer isso, basta selecionar um único objeto do grupo que deseja exportar, em seguida, clicar na opção “Export – Object Group”.

Para importar um grupo, basta usar a opção “Import – Object Group”.

### **3.3.5. Calculando Equilíbrio Hidrostático**

Para calcular a posição de equilíbrio hidrostático da embarcação, basta a qualquer momento utilizar o botão “Hydrostatic Equilibrium”. Após o término do procedimento, os dados de equilíbrio ficarão em cor azul, o que significa que a embarcação está equilibrada naquela posição.

Trim	2,64m backward = 2,97% of L.O.A.
Heel Angle	0,00° to portside
Draught at MS,LC	5,151m
Equilibrium	

**Figura 3.16 – Condições de Equilíbrio Hidrostático**

Caso a condição de peso leve atual seja muito severa, de forma que a embarcação tenha seu convés principal submerso, pode ocorrer de o Sistema não conseguir encontrar a posição de equilíbrio, de modo a ter um processo iterativo de busca de equilíbrio infinito. Quando isso ocorrer, basta o usuário clicar novamente no botão de equilíbrio para que o processo seja pausado, e, a seguir, clicar no botão “Restore Project Condition”, para que o peso leve seja alterado e o processo de equilíbrio seja novamente acionado.

#### **4. Aplicação: Supply Boat 4500 DWT**

Vale ressaltar que o projeto do arranjo geral do Supply Boat ainda não foi concluído, foram projetados apenas alguns objetos para mostrar o uso do sistema SFDS.

Embarcação: Supply Boat 4500 DWT

Comprimento Total: 88,8m

Boca Máxima: 19m

Pontal: 8m

Altura do Castelo de Proa: 19,2m

Calado de Projeto: 6,6m

Ângulo de Rake de Proa: 22°

Altura da Quilha na baliza 20: 0,17m

Altura do Final do Rake de Proa: 0,2m

Número de Quinas: 3

Balizas de Entrada:

(x) 0;	(x) 4;	(x) 8;	(x) 12;	(x) 16;	(x) 20.
(x) 1;	( ) 5;	(x) 9;	(x) 13;	(x) 17;	
(x) 2;	(x) 6;	(x) 10;	(x) 14;	(x) 18;	
( ) 3;	(x) 7;	(x) 11;	(x) 15;	(x) 19;	



Length Overall (m)	Breadth Overall (m)
88,8	19
Depth (m)	Draught (m)
19,2	6,6
Keel Height at St20 (m)	Rake Angle (°)
0,17	22
Height of Rake End (m)	Number of Chines
0,2	3

**Figura 4.1 - Principais Características da Forma**

A seguir, são mostradas as entradas de cada baliza, feitas no módulo PHF do SFDS:

Definition of the last chine  
 Last Chine Half Beam

Parallel Midbody Length (No. St.) 1

Define Stations  
 Default 0/10/10

STATION 0 - Stern

☒ 0 - Stern  
☒ 1  
☒ 2  
☐ 3  
☒ 4  
☐ 5  
☒ 6  
☒ 7  
☒ 8  
☒ 9

default

Deck Breadth (m) 17,12

Deck Height (m) 8

Keel Height (m) 5,3

Deadrise (°) 14,8

CHINE 1

Z (m) 5,38 Y (m) 5,38

**Figura 4.2 – Primeira entrada das balizas**

Baliza	Boca do Convés (m)	Portal (m)	Altura da Quilha (m)	Deadrise (°)	Quina 1 (z - m)	Quina 2 (y - m)	Quina 2 (z - m)	Quina 3 (y - m)	Quina 3 (z - m)
0	17.12	8.00	5.30	14.80	5.38 (z - m)	6.46	7.00	8.00	7.57
1	18.35	8.00	4.39	3.00	3.00 (y - m)	8.00	5.80	8.70	6.38
2	19.00	8.00	3.50	4.75	4.50 (y - m)	8.50	5.03	9.00	5.65
4	19.00	8.00	1.61	5.50	2.25 (z - m)	9.00	3.80	9.50	4.77
6	19.00	8.00	0.23	7.50	1.20 (z - m)	9.50	3.00	9.50	4.30
7	19.00	8.00	0.15	4.75	7.60 (y - m)	9.51	2.60	9.51	4.20
8	19.00	8.00	0.10	4.75	7.81 (y - m)	9.51	2.40	9.51	4.20
9	19.00	8.00	0.05	4.75	8.00 (y - m)	9.52	2.30	9.52	4.00
10	19.00	8.00	0.00	6.00	0.85 (z - m)	9.59	2.20	9.50	4.00
11	19.00	8.00	0.00	6.00	0.86 (z - m)	9.60	2.21	9.51	4.01
12	19.00	8.00	0.00	4.90	8.01 (y - m)	9.60	2.10	9.51	4.01
13	19.00	19.18	0.00	4.90	8.02 (y - m)	9.61	2.11	9.52	4.02
14	19.00	19.18	0.00	5.00	0.67 (z - m)	9.13	2.00	9.52	4.00
15	19.00	19.18	0.00	5.00	0.61 (z - m)	9.14	2.01	9.53	4.01
16	19.00	19.18	0.00	5.00	0.55 (z - m)	8.51	2.00	9.50	3.90
17	19.00	19.18	0.00	5.00	0.49 (z - m)	8.07	2.20	9.50	4.14
18	18.26	19.18	0.00	5.00	0.43 (z - m)	7.50	2.30	9.30	4.11
19	17.50	19.18	0.00	4.90	3.75 (y - m)	6.50	2.60	9.00	4.30
20	15.00	19.18	0.17	20.00	0.50 (z - m)	3.00	2.89	5.00	4.91

Figura 4.3 – Entrada das Balizas

Após a entrada de cada baliza, a forma foi gerada, clicando no botão “Generate Hull Form”:

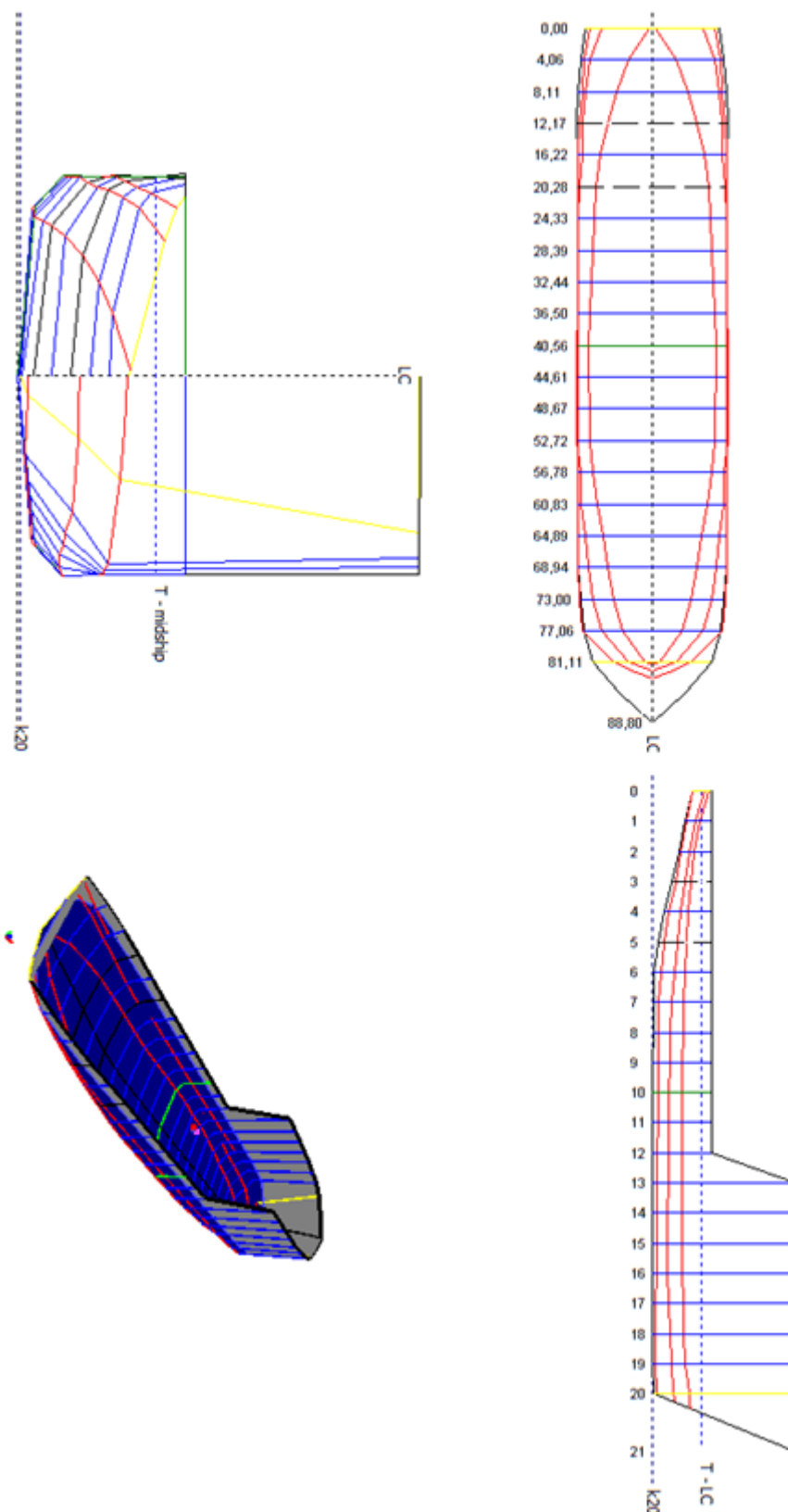
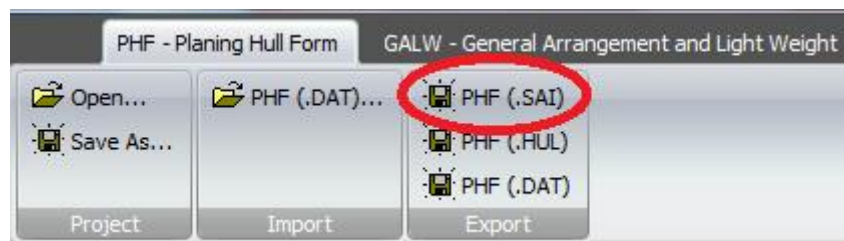


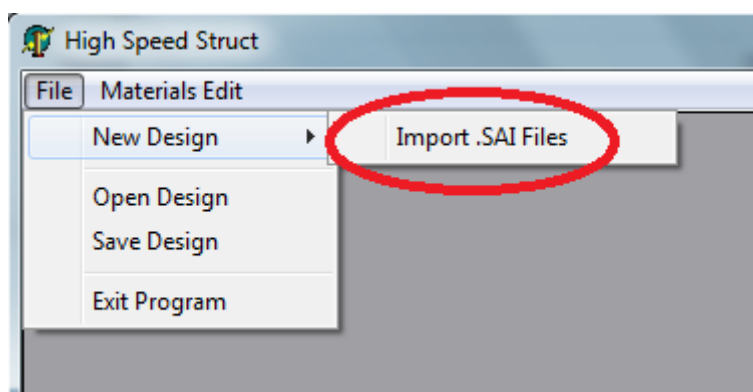
Figura 4.4 – Forma da Embarcação

Para o projeto dos elementos estruturais da embarcação, a forma foi exportada para arquivo de saída “.SAI”, usando a opção “Export – PHF (.SAI)”.

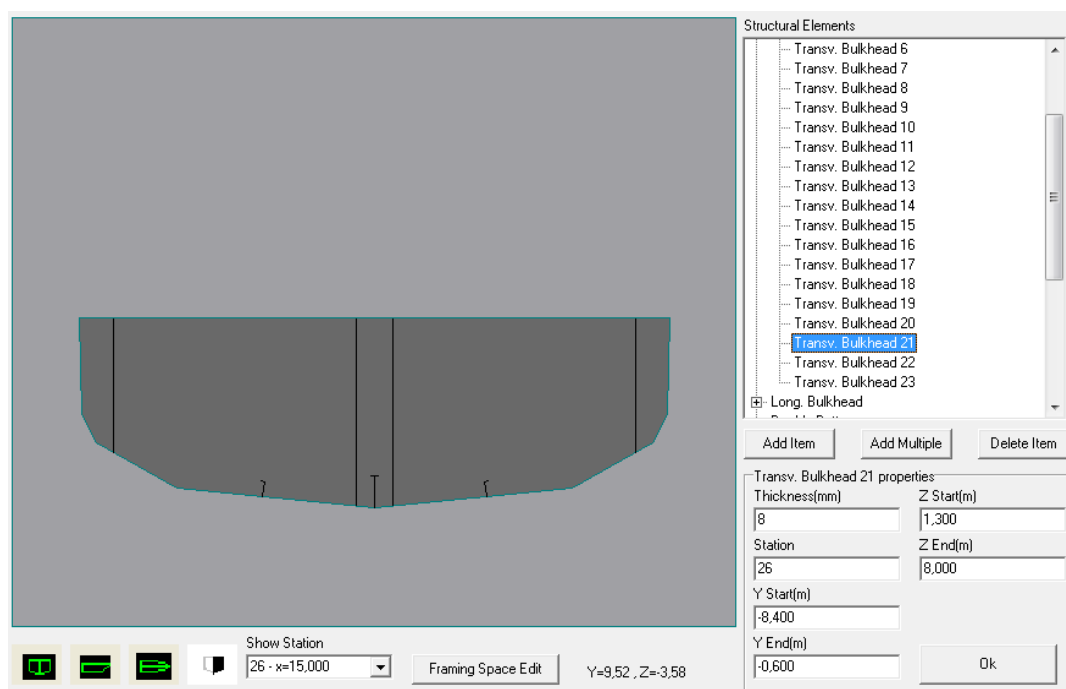


**Figura 4.5 – Exportando Forma para o HSStruct**

A forma da embarcação (arquivo .SAI) foi importada no HSStruct e os elementos estruturais foram projetados.



**Figura 4.6 – Importando Forma para o HSStruct**



**Figura 4.7 – Projeto das Anteparas Transversais na Cavernas 26**

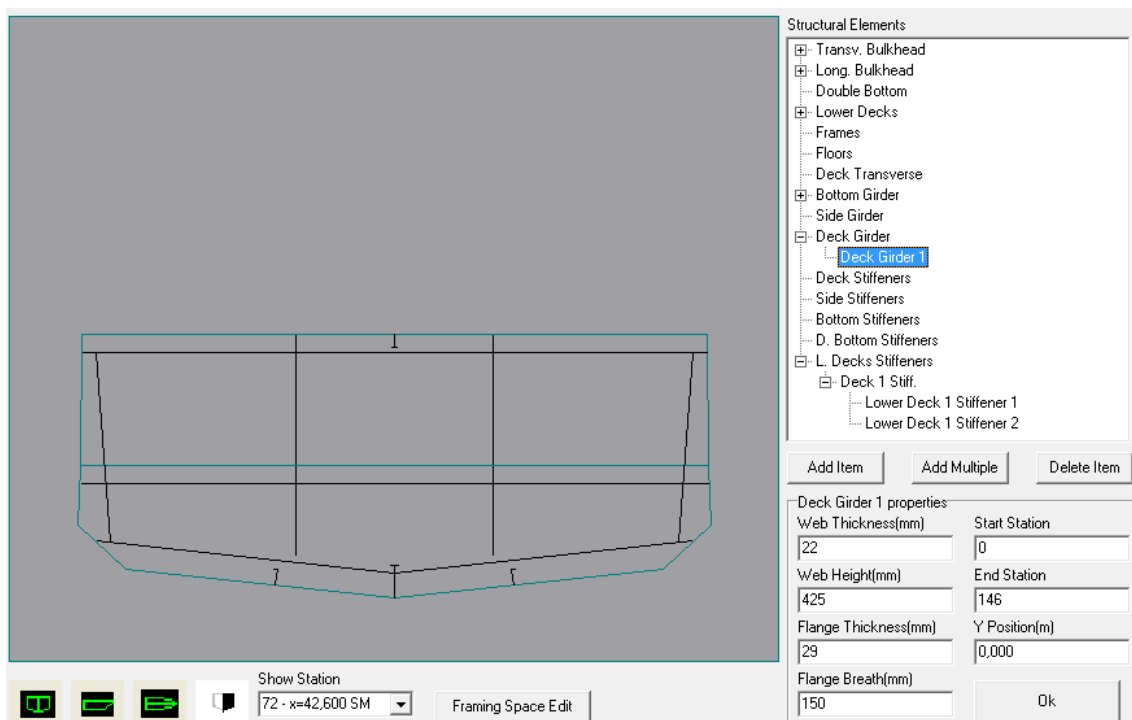


Figura 4.8 – Estrutura em projeto no HSStruct

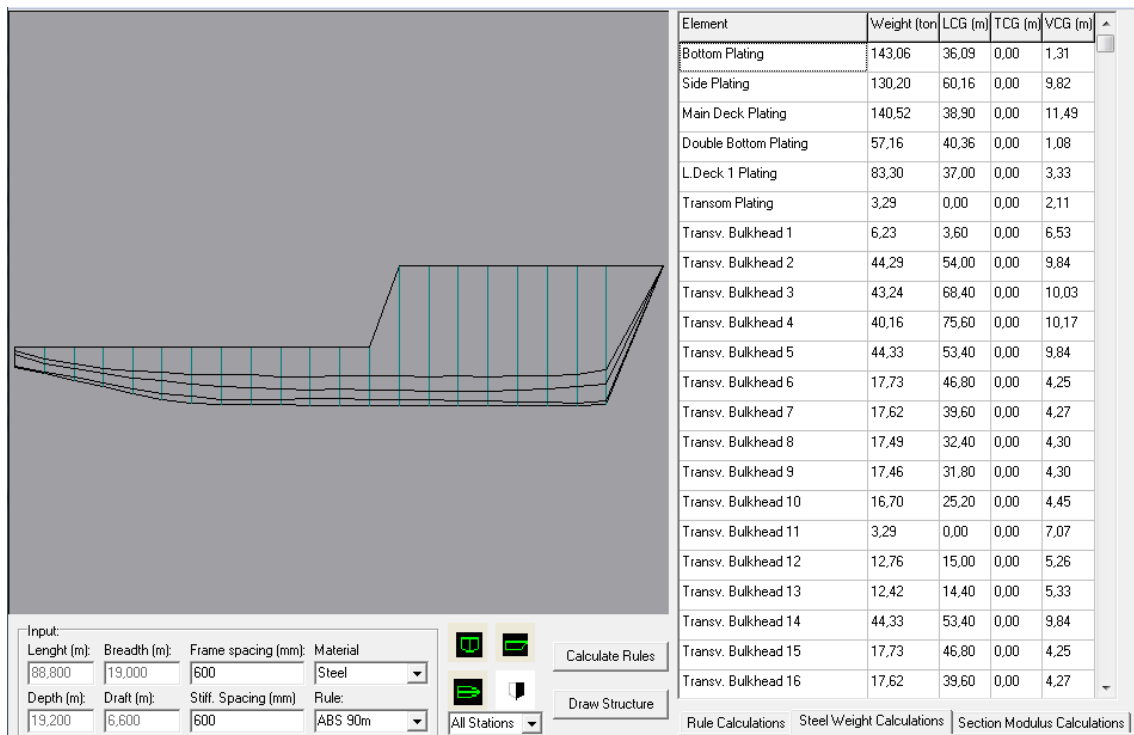
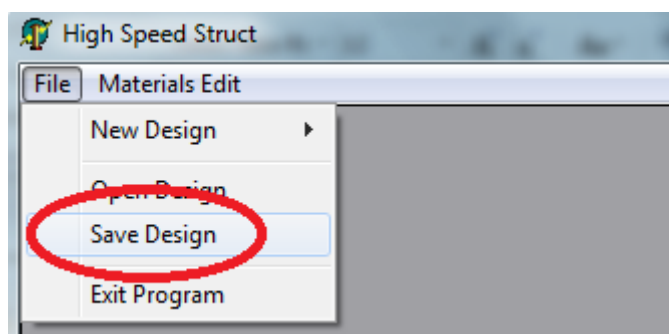


Figura 4.9 – Pesos Estruturais

Após a geração da estrutura da embarcação, esta foi salva em arquivo “.dsg” para ser importada no SFDS.



**Figura 4.10 – Exportando Estrutura do HSStruct**



**Figura 4.11 – Importando Estrutura no SFDS**



**Figura 4.12 – Estrutura da Embarcação Importada no SFDS**

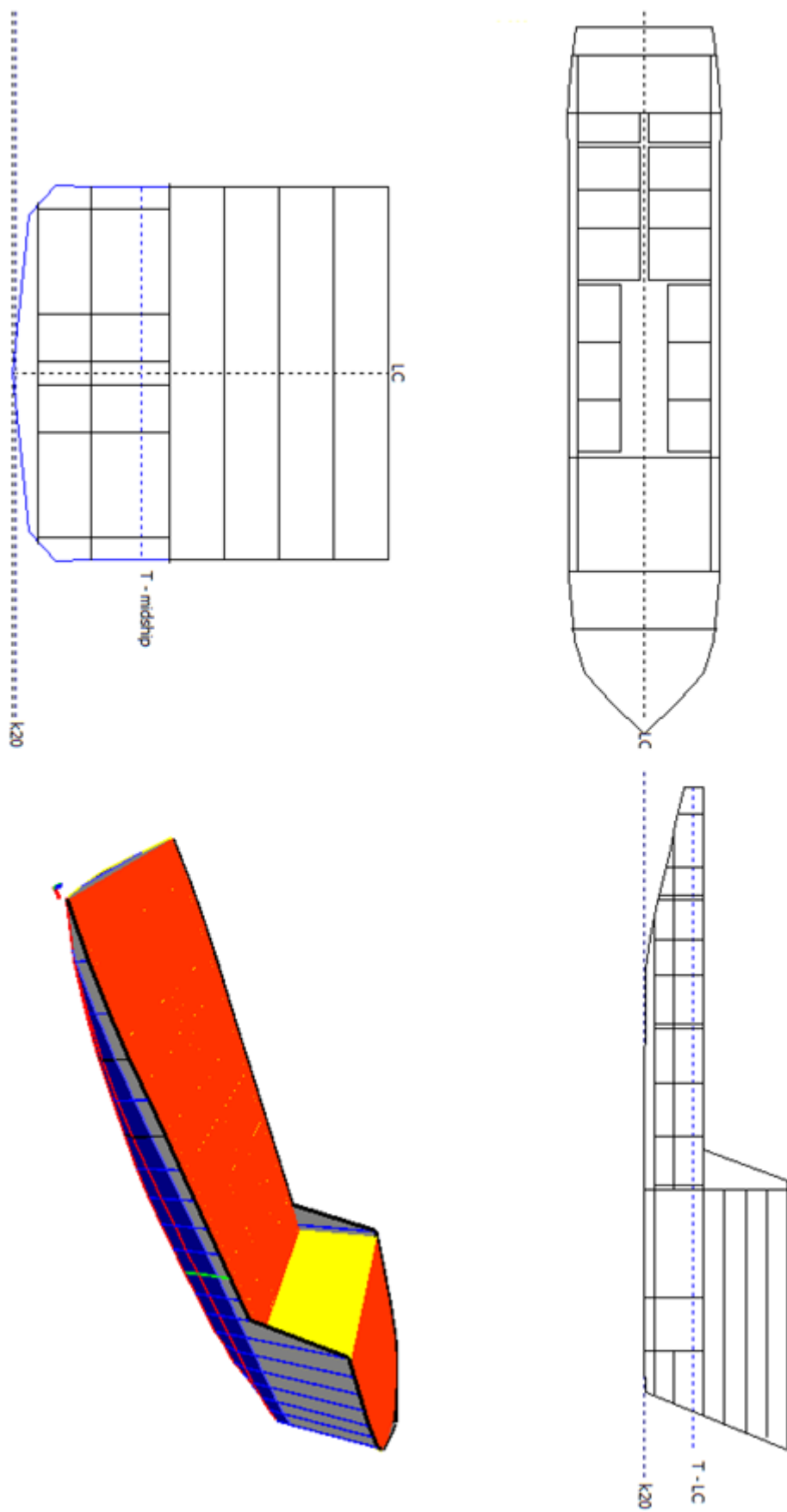


Figura 4.13 – Estrutura da Embarcação nas 4 vistas



Após a importação da estrutura, alguns objetos do arranjo geral foram criados. Horse Bar, Escada Externa, algumas paredes das acomodações, Tubos dos Bow Thrusts, Propulsores, Silos, Cabine de Comando e Motores.

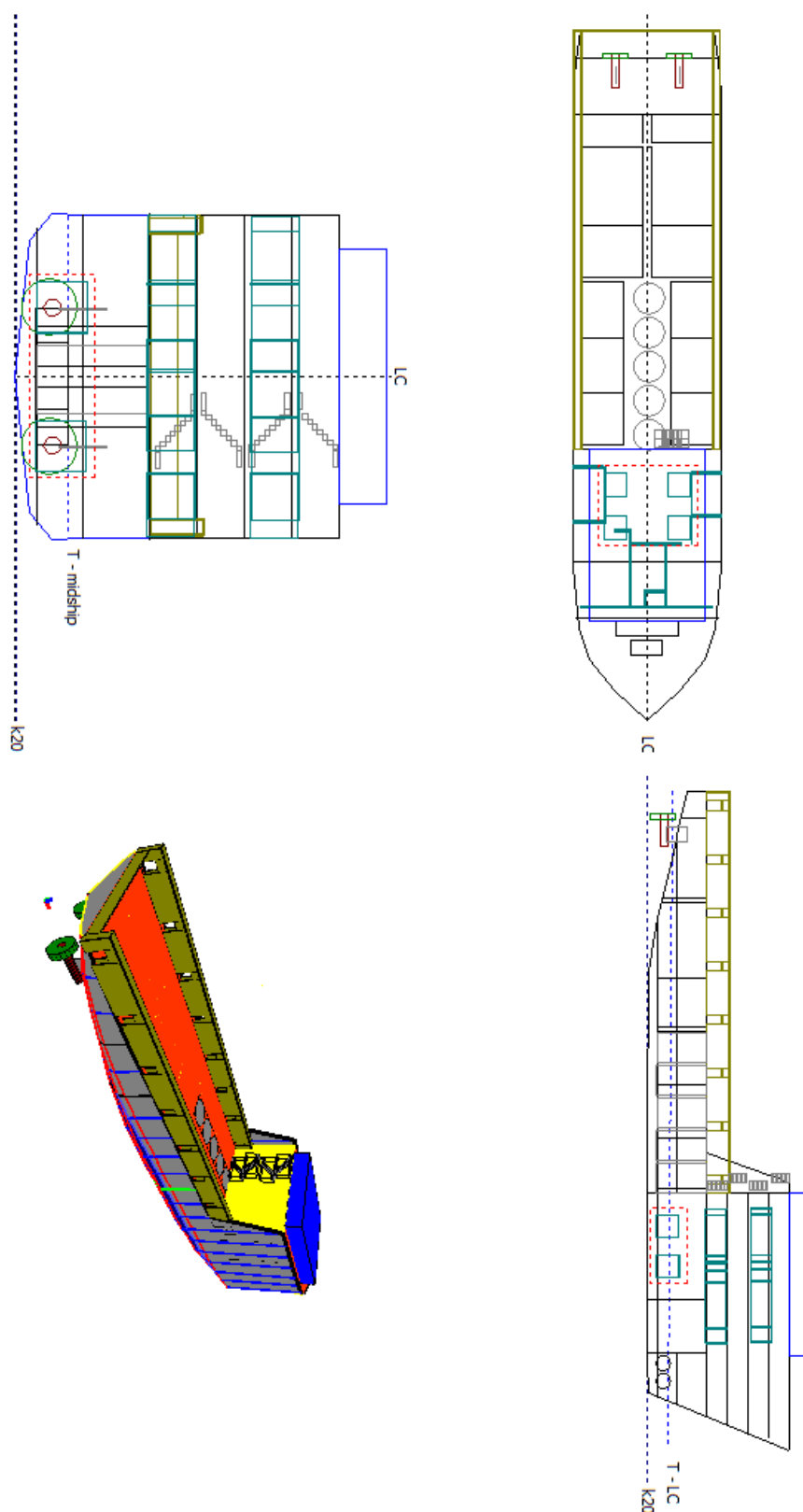


Figura 4.14 – Arranjo Geral nas 4 vistas

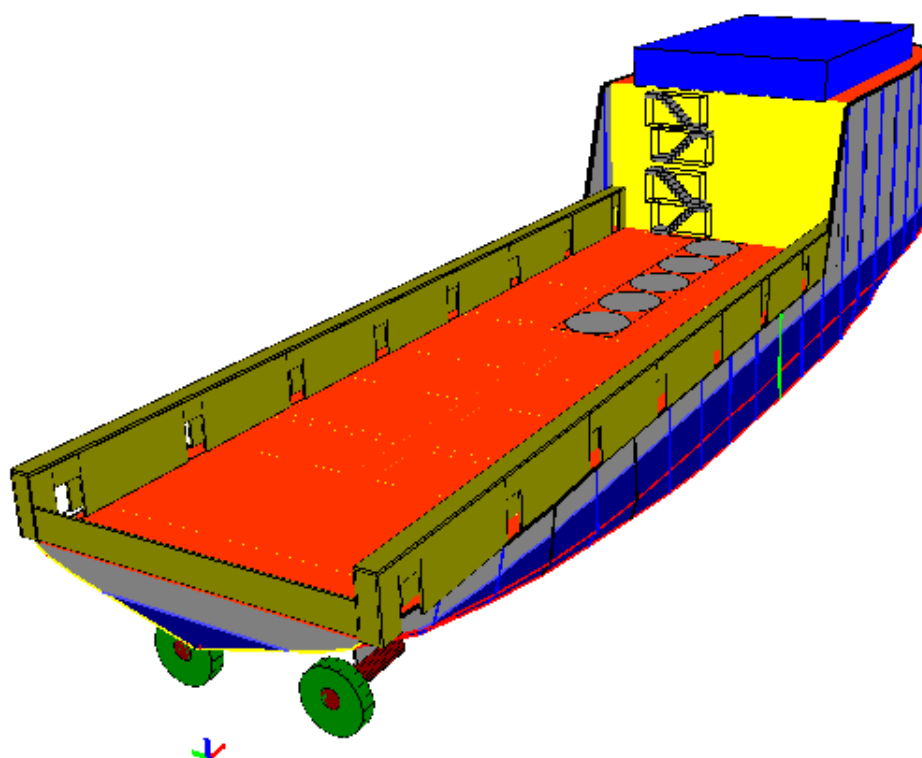


Figura 4.15 – Vista 3D do PSV

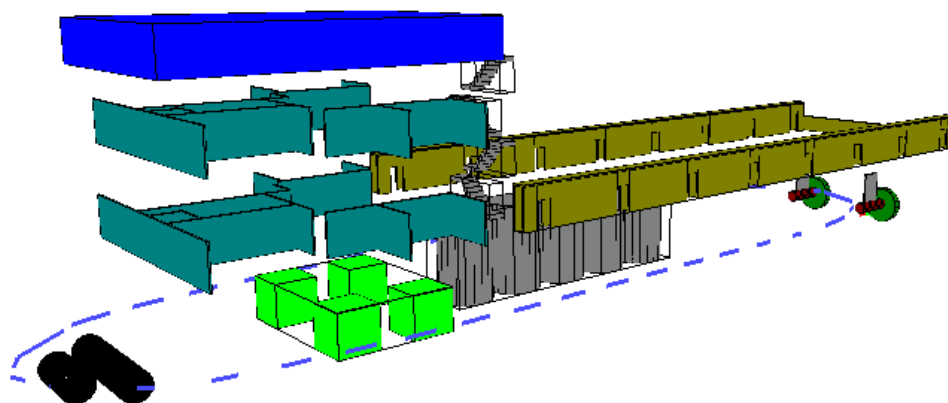
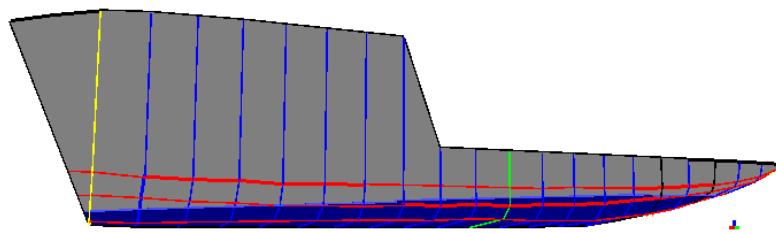


Figura 4.16 – Vista 3D do PSV (apenas objetos)

Para exemplificar o processo de equilíbrio hidrostático, este foi analisado sem os objetos (apenas peso da estrutura), com os objetos (apenas peso da estrutura e dos objetos) e também com objetos representando carga.



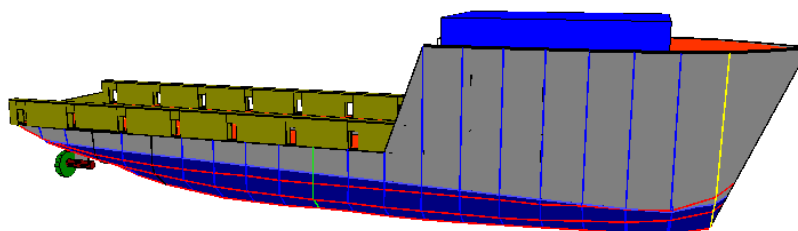
ITEM	WEIGHT (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
STRUCTURE	2448,817	42,08	4,10	0,00
LIGHT WEIGHT	2448,817	42,08	4,10	0,00

Light Weight

Trim	3,26m backward = 3,67% of L.O.A.
Heel Angle	0,00° to portside
Draught at MS,LC	2,935m

Equilibrium

Figura 4.17 – Equilíbrio (apenas estrutura)



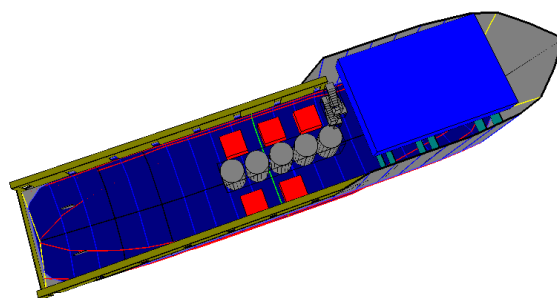
acomod 1 (group)	100,000	68,09	9,43	0,14
acomod 2 (group)	100,000	68,09	15,02	0,14
LIGHT WEIGHT	5613,817	41,00	9,32	0,00

Light Weight

Trim	2,64m backward = 2,97% of L.O.A.
Heel Angle	0,00° to portside
Draught at MS,LC	5,151m

Equilibrium

Figura 4.18 – Equilíbrio (apenas estrutura e objetos)



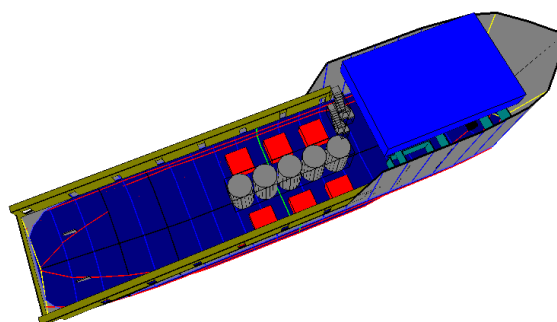
acomod 1 (group	100,000	68,09	9,43	0,14
acomod 2 (group	100,000	68,09	15,02	0,14
LIGHT WEIGHT	6613,817	41,10	8,41	0,18

Light Weight

Trim	2,13m backward = 2,40% of L.O.A.
Heel Angle	0,52° to portside
Draught at MS,LC	5,807m

Equilibrium

Figura 4.19 – Equilíbrio (carregamento assimétrico)



acomod 1 (group	100,000	68,09	9,43	0,14
acomod 2 (group	100,000	68,09	15,02	0,14
LIGHT WEIGHT	6813,817	41,36	8,26	0,00

Light Weight

Trim	1,70m backward = 1,92% of L.O.A.
Heel Angle	0,01° to portside
Draught at MS,LC	5,920m

Equilibrium

Figura 4.20 – Equilíbrio (carregamento simétrico)

## **5. Trabalhos Futuros**

### **5.1. PHF**

- Possibilitar ao usuário dar entrada em balizas em qualquer posição longitudinal (fração da divisão das balizas);
- Liberar a opção de definição de corpo paralelo da embarcação, evitando que balizas idênticas sejam definidas várias vezes;
- Criação de opção de casco não quinado, utilizando a mesma estratégia adotada nas quinas (interpolação cúbica), nas balizas, independentemente;
- Implementação de um sistema de criação de bulbo;
- Criação de proas sem bico, como PHF1;
- Melhorar a distribuição das vistas e gerar desenhos de Plano de Linhas.

### **5.2. GALW**

- Criar objetos pré-definidos padrões de embarcações, para incorporar aos objetos elementais (primitivos) já criados. O que agilizará muito o projeto da embarcação;
- Criar um sistema de redimensionamento de grupo de objetos, de forma a não ter a necessidade de criar vários arquivos de certo objeto com dimensões distintas;
- Criar sistema de importação de objetos do AutoCAD ou de outros softwares que trabalham com padrões de arquivo: IGES, STL, STEP, para evitar a recriação do mesmo no sistema SFDS;
- Permitir a criação de grupos de grupos de objetos;
- Criar sistema de rotação para objetos ou grupos;
- Melhorar o sistema de edição dos objetos, de forma a permitir que esta seja feita nas próprias vistas;
- Criar opção de escolher apenas segmentos da embarcação para projetar nas vistas, por exemplo, gerar vistas superiores para vários níveis de conveses, facilitando a compreensão do arranjo geral;
- Desenhar não somente os elementos estruturais primários, mas também os secundários;
- Gerar desenhos de Arranjo Geral;
- Criar sistema de precisão de “drag and drop”, i.e., um sistema que fornece a opção de “âncoras” de posicionamento dos objetos;
- Criar sistema de interferência de objetos.

### 5.3. Sistema SFDS

- Transferir o software HSStruct e HCS para o SFDS, bem como implementar outros módulos pertinentes ao projeto.

## 6. Conclusão

Podem ser citadas grandes vantagens do SFDS. As Telas Multidisciplinares, que aceleram o processo de projetar, de forma a facilitar ao projetista a utilização dessa ferramenta, apresentando um único padrão de interação entre o usuário e o software em todos os módulos pertinentes ao projeto. Outra grande vantagem é que o SFDS já é preparado, em termos de programação, para a implementação de um sistema inteligente que permitirá mudar a sequência de projeto. O processo de Equilíbrio Hidrostático desenvolvido aqui também tem um grande diferencial, possibilitando que o mesmo seja verificado em tempo real, enquanto o projetista desenvolve o Arranjo Geral da embarcação, verificando o trim, banda, calado e estabilidade (este quando acoplado o módulo HCS), com alta precisão.

Pode-se concluir também que após um tempo e após a geração do sistema de redimensionamento de grupo de objetos, o banco de grupos de objetos estará bem completo, ou seja, haverá uma vasta quantidade e tipos de objetos de embarcações já desenvolvidas para importação no projeto, o que vai agilizar mais ainda o processo de projetar na ferramenta aqui desenvolvida (SFDS). E a partir da implementação de objetos pré-definidos padrões de embarcações, o processo ficará ainda mais ágil.

Vale deixar claro que, nessa versão inicial, o Sistema ainda exige ao usuário uma grande precisão no processo de “drag and drop”, ao arrancar os objetos de projeto, devido ao fato de ainda não haver o sistema de “âncoras” de posicionamento de objetos.

Ainda como conclusão deste trabalho, o SFDS é uma grande iniciativa na mudança de filosofia de projeto de embarcações, tornando a ferramenta de projeto uma ferramenta que ajuda ao projetista na tomada de decisões, como por exemplo, a geração de informações ao usuário pertinentes a fatores de projeto que já foram projetados ou que ainda não foram, no momento em que o projetista toma decisões em determinado módulo do SFDS.

## 7. Referências

- [1] “*An Automated Computational Method for Planing Hull Form Definition in Concept Design*”, Calkins, D.E., Schachter, R.D., Oliveira, L.T., 2001. **Journal Ocean Engineering** 28, 297-327.
- [2] Desenvolvimento de um Módulo de Resistência Estrutural para o Projeto Preliminar de Embarcações de Alto Desempenho – Matheus Siqueira Silva – Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Fevereiro de 2012.
- [3] 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.
- [4] Schachter, R.D., “Optimization Techniques with Knowledge Based Control in Ship Concept Design”, Ph.D. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Brunel University, November, 1990
- [5] Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para Geração da Forma, integrada a um Sistema Computacional para o Projeto Preliminar de Embarcações – Luiz Gustavo Borges Rangel – Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Março de 2012.
- [6] Desenvolvimento de um Sistema Computacional para o Projeto Preliminar de Plataformas Flutuantes – Ivan Neves Porciuncula – Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Setembro de 2003.
- [7] Desenvolvimento de uma Ferramenta de Equilíbrio de Estruturas Flutuantes Gerais (EEFG) – Felipe Rodrigues de Siqueira Souza, João Seixas de Medeiros, Ramon dos Santos Antunes – Projeto da disciplina de Arquitetura Naval I, Poli/UFRJ – Junho de 2011.
- [8] Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para Cálculos Hidrostáticos e de Estabilidade integrada a um Sistema Computacional para o Projeto Preliminar de Embarcações – Paulo Victor Silva de Oliveira – Projeto de Graduação, Poli/UFRJ – Setembro de 2012.