

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

MARNE DE MIRANDA SALES FILHO

**PROJETO DE EMBARCAÇÃO ESCOLAR**

SÃO LUIS – MA

2015

MARNE DE MIRANDA SALES FILHO

### **PROJETO DE EMBARCAÇÃO ESCOLAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Flávio Nunes Pereira

São Luís – MA

2015

MARNE DE MIRANDA SALES FILHO

**PROJETO DE EMBARCAÇÃO ESCOLAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

APROVADO: 23 de Dezembro de 2015.

---

**Prof. Me. Flávio Nunes Pereira (Orientador)**

Departamento de Engenharia Mecânica e Produção – UEMA

---

**Prof. Dr. Lourival Matos de Sousa Filho (Examinador)**

Departamento de Engenharia Mecânica e Produção – UEMA

---

**Prof. Me. Lourival Coelho Paixão (Examinador)**

Departamento de Engenharia Mecânica e Produção – UEMA

*A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.*

*Às todas as pessoas que sempre estiveram ao meu lado pelos caminhos da vida, me acompanhando, apoiando e, principalmente, acreditando em mim: meus pais Marne e Valkíria e meus irmãos Marvin e Milena. E a minha companheira Agnes Freire.*

*Dedico também a quatro pessoas que sempre foram e serão exemplos de caráter e dignidade, sempre presentes em minha vida, meus avós Severino (in memorian), Manoela, Valdeci (in memorian) e Conceição.*

*Muitíssimo Obrigado. Amo muito todos vocês.*

Sales Filho, Marne de Miranda.

Projeto de embarcação escolar / Marne de Miranda Sales Filho.–São Luís, 2015.

46p.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2015.

Orientador: Prof. Flávio Nunes Pereira.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo de projetar uma embarcação escolar. O projeto consiste na definição das dimensões e geometria do casco, de modo que a embarcação tenha o mínimo calado (é a designação dada à profundidade a que se encontra o ponto mais baixo da quilha de uma embarcação, em relação à linha d'água superfície da água) possível. A cabine foi projetada para atender alunos com deficiências físicas e visuais, ou mobilidade reduzida.

Foi pré-definido que a embarcação deve atender uma demanda de 22 passageiros, 1 guarda corpo para cadeira de rodas com um assento para o acompanhante, além de um assento para o piloto da embarcação. A cabine para atender tal demanda, possui área de 17,5 m<sup>2</sup> (3,5m x 5 m).

A geometria definida foi a de semi-deslocamento em “V” em fibra de vidro. E então com análises em outras embarcações já existentes no mercado, definiu-se que cada casco possui 9 metros de comprimento e 1,5 metros de boca máxima.

O valor encontrado do volume máximo deslocado pela embarcação é de 4,618 m<sup>3</sup>, a partir desse valor com o auxílio do AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL foi possível encontrar o valor do calado mínimo de 0,38 m. Então foi possível determinar a potência efetiva necessária para operação nas condições determinadas que é de 40 HP. Os coeficientes de forma encontrados serviram como base para concluir e comparar os resultados obtidos com demais embarcações.

**Palavras-chave:** Geometria. Acessibilidade. Volume deslocado pela carena. Calado mínimo. Propulsão. Coeficientes de bloco. Comparação.

## ABSTRACT

This work aims to design a school boat. The project consists in the definition of the dimensions and geometry of the hull, so that the vessel has a minimum draft (is the name given to the depth to which it is the lowest point of the keel of a vessel with respect to the waterline surface water) possible. The cabin is designed to meet students with physical and visual disabilities or reduced mobility.

It was predetermined that the vessel must meet a 22 passenger demand, 1 body guard for wheelchair with a seat for the passenger, and a seat for the pilot of the vessel. The cabin to meet such demand, has an area of 17.5 m<sup>2</sup> (3.5 m x 5 m).

The geometry is set for semi-displacement "V" fiberglass. And then analyzes with other boats already on the market, it was decided that each hull has 9 meters long and 1.5 meters maximum mouth.

The value found the maximum volume displaced by the vessel is 4,618 cubic meters, from this value with the help of AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL was possible to find the value of the minimum draft of 0.38 m. So it was possible to determine the actual power required to operate in certain conditions is 40 HP. The shape coefficients found served as the basis to complete and compare the results obtained with other vessels.

**Keywords:** Geometry. Accessibility. Volume displaced by the hull. minimum draft. Propulsion. block coefficients. Comparison.

## LISTA DE TABELAS E ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Dados técnicos.....	32
Tabela 2 - Massas envolvidas na embarcação.....	36
Tabela 3 - Identificação de embarcações.....	42
Tabela 4 - Comparativa de embarcações.....	43
Tabela 5 – Resultados Obtidos da embarcação.....	44
Figura 1 - Símbolos Internacionais de Acessibilidade para portadores de deficiência física, deficiência visual e deficiência auditiva.....	20
Figura 2 - Piso tátil direcional e alerta.....	21
Figura 3 - Guarda-corpo em embarcação.....	22
Figura 4 - Uso de madeira em pequenas embarcações.....	24
Figura 5 - Uso de aço em embarcações.....	25
Figura 6 - Uso de liga de alumínio em embarcações.....	26
Figura 7 - Uso de ferro-cimento em embarcações.....	27
Figura 8 - Coeficiente de bloco.....	27
Figura 9 - Coeficiente de seção a meio navio.....	28
Figura 10 - Coeficiente prismático.....	29
Figura 11 - Coeficiente prismático.....	29
Figura 12 - Vistas do fundo e traseira do casco.....	32
Figura 13 - Vistas dos cascos no Inventor.....	33
Figura 14 - Dimensionamento dos assentos.....	34
Figura 15 - Planta da cabine.....	35
Figura 16 - Valor do volume através do IProperties.....	38
Figura 17 - Características da embarcação P034 - Motor 14mB.....	40

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

American Bureau of Shipping (ABS)

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

Conferência Nacional de Educação (CONAE)

Fundo Nacional de Desenvolvimento em Educação (FNDE)

Horse Power (HP)

Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE)

Registro Brasileiro de Navios e Aeronaves (RBNA)

Rehabilitation International (RI)

Símbolo Internacional de Acesso (ISA)

## LISTA DE SIGLAS

$C$	Comprimento do casco [m]
$B_m$	Boca máxima [m]
$C_c$	Comprimento da cabine [m]
$B_c$	Largura da cabine [m]
$\rho_f$	Massa específica do compósito de fibra de vidro [kg/m <sup>3</sup> ]
$V_{max}$	Velocidade máxima da embarcação [m/s]
$M$	Espaçamento mínimo entre assentos [m]
$F$	Largura dos assentos [m]
$K$	Comprimento dos assentos [m]
$N$	Altura do assento [m]
$G$	Largura da porta de acesso [m]
$C_{gc}$	Comprimento do guarda corpo [m]
$G_{gc}$	Largura do guarda corpo [m]
$A_{cab}$	Área das paredes da cabine [m <sup>2</sup> ]
$V_{cab}$	Volume das paredes da cabine [m <sup>3</sup> ]
$A_{cas}$	Área das paredes do casco [m <sup>2</sup> ]
$V_{cas}$	Volume das paredes do casco [m <sup>3</sup> ]
$m_{cab}$	Massa da cabine [m]
$m_{cas}$	Massa do casco [m]
$m_t$	Massa total de operação da embarcação [kg]
$E$	Empuxo [N]
$\gamma_A$	Peso específico [N/m <sup>3</sup> ]
$g$	Aceleração da gravidade [m/s <sup>2</sup> ]
$\nabla$	Volume das carenas da embarcação [m <sup>3</sup> ]
$\rho_{ad}$	Massa específica da água doce [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{as}$	Massa específica da água salgada [kg/m <sup>3</sup> ]
$\nabla_{cas}$	Volume da carena do casco [m <sup>3</sup> ]
$H_c$	Calado da embarcação [m]
$POT_{alm}$	Potência do almirantado [HP]
$\nabla_{ton}$	Volume da carena em toneladas longas [T]
$POT_{def}$	Motorização definida [HP]

$C_b$	Coeficiente de bloco
$C_m$	Coeficiente de seção a meio navio
$C_p$	Coeficiente prismático
$C_w$	Coeficiente de linha d'água

## SUMÁRIO

<b><u>1. INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
1.2 OBJETIVO GERAL .....	15
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b><u>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u></b> .....	<b>15</b>
2.1 TRANSPORTE ESCOLAR SEGUNDO A LEGISLAÇÃO .....	15
2.2 CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS COM A SAÚDE - ACESSIBILIDADE .....	17
2.2.1 SÍMBOLO INTERNACIONAL DE ACESSO (ISA) .....	18
2.2.2 PISO TÁTIL .....	19
2.2.3 GUARDA CORPO .....	20
2.3 TIPOS DE EMBARCAÇÕES .....	21
2.3.1 MONOCASCO .....	21
2.3.2 MULTICASCO .....	21
2.4 TIPOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE EMBARCAÇÕES .....	22
2.4.1 MADEIRA .....	22
2.4.2 AÇO .....	24
2.4.3 LIGAS DE ALUMÍNIO .....	25
2.4.4 FERRO-CIMENTO .....	25
2.5 COEFICIENTES DE FORMA .....	26
2.5.1 COEFICIENTE DE BLOCO .....	26
2.5.2 COEFICIENTE DA SEÇÃO A MEIO NAVIO .....	27
2.5.3 COEFICIENTE PRISMÁTICO .....	27
2.5.4 COEFICIENTE DO PLANO DE FLUTUAÇÃO .....	28
<b><u>3. DEFINIÇÕES DO PROJETO</u></b> .....	<b>29</b>
3.1 ESPECIFICAÇÕES DA EMBARCAÇÃO .....	29
3.2 MATERIAL UTILIZADO NO PROJETO .....	29
3.3 CASCO .....	30
3.3.1 GEOMETRIA .....	30
3.3.2 DEFINIÇÕES E DIMENSIONAMENTO .....	31
3.4 PLANTA DA CABINE .....	33
<b><u>4. CÁLCULOS DO PROJETO</u></b> .....	<b>34</b>
4.1 CÁLCULO DAS MASSAS .....	34
4.2 CÁLCULO DO VOLUME DESLOCADO DA CARENA ( $\nabla$ ) .....	36
4.3 PROPULSÃO .....	37

<b><u>5</u></b>	<b><u>CÁLCULOS DOS COEFICIENTES DE FORMA</u></b>	<b><u>40</u></b>
5.1	COEFICIENTE DE BLOCO	40
5.2	COEFICIENTE DA SEÇÃO A MEIO NAVIO	40
5.3	COEFICIENTE PRISMÁTICO	40
5.4	COEFICIENTE DO PLANO DE FLUTUAÇÃO	41
5.5	COMPARAÇÃO DE COEFICIENTE DE EMBARCAÇÕES	41
<b><u>6</u></b>	<b><u>RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS</u></b>	<b><u>43</u></b>
	<b><u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b><u>45</u></b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Justificativa

No Brasil, 8,68 milhões de alunos utilizam transporte público escolar para chegar aonde estudam. Destes, 545.968 estudantes usam barcos ou embarcações para frequentarem a escola, de acordo com o Censo Escolar da Educação Básica 2012, do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep/MEC). Isso representa 1,09% do total de 50,54 milhões de alunos matriculados.

No Estado do Maranhão, assim como em diversas regiões do Norte-Nordeste, a população ribeirinha sofre com o transporte escolar: as principais dificuldades vêm do trajeto a ser percorrido, com estradas de má qualidade e de difícil acesso. Há também, muitas vezes, incompatibilidade desses veículos com as estradas, o que resulta em acidentes e transtornos, como a incapacidade de transitar em algumas estradas que só permitem o acesso de veículos menores e, muitas vezes, com tração 4 por 4.

Essa dificuldade de acesso acaba desestimulando e diminuindo o índice de jovens dentro do ambiente escolar que, em sua maioria, não encontram um transporte escolar seguro e confortável. O que se encontra é um caminhão “pau-de-arara” improvisado e lotado ou até mesmo embarcações não legalizadas, fazendo com que seja “normal” as longas horas de viagem no cotidiano de muitas crianças nos trajetos que as levam até as escolas. E o resultado do descuido: acidentes.

Nenhum acidente aconteceria caso a lei fosse obedecida. Qualquer que seja o transporte escolar, esse tem que estar regulamentado e tem regramento. No caso do transporte fluvial ou marítimo, as embarcações devem ser equipadas com coletes salva-vidas na mesma proporção de sua capacidade, possuir registro na Capitania dos Portos e manter a autorização para trafegar em local visível. Recomenda-se, ainda, que a embarcação possua cobertura para proteção contra o sol e a chuva; grades laterais para proteção contra quedas; boa qualidade e bom estado de conservação. Quem pilota essas embarcações precisa estar habilitado na Capitania dos Portos, ter sido submetido a exame psicotécnico com aprovação especial para transporte de alunos, ter curso de formação de condutor de transporte escolar, possuir matrícula específica no Detran ou Capitania dos Portos e não ter cometido falta grave ou gravíssima nos últimos 12 meses.

Em nosso Estado não há nenhum registro de embarcação projetado justamente para servir como transporte escolar, sendo confortável e seguro, com um bom rendimento e viável não só a locomoção, mas tendo o preço acessível a todos nos municípios de regiões ribeirinhas.

## **1.2 Objetivo geral**

Projetar uma embarcação, verificando-se a viabilidade da fabricação da mesma, de forma a promover segurança e conforto, com condições de acessibilidade para portadores de deficiência.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Dimensionar os cascos a fim de obter o mínimo calado possível;
- Calcular o volume de água deslocado pela embarcação – conforme o calado, para assim, definir a propulsão;
- Projetar uma cabine acessível à deficientes físicos e visuais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Transporte escolar segundo a legislação**

Um dos maiores desafios dos alunos que vivem em áreas rurais é o acesso à escola. Muitos alunos enfrentam grandes distâncias e percursos precários entre sua casa e a escola. Mesmo nas áreas urbanas, a jurisprudência define que alunos matriculados em escolas que fiquem a mais de 2 km de suas residências também têm direito ao transporte escolar.

Entretanto, como direito social, a Constituição Federal assegura que o ensino escolar deve ser ministrado em “igualdade de condições para o acesso e permanência da escola” (Art. 206 § I). E volta a frisar no art. 208 que o dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de “atendimento ao educando, em todas as etapas da educação básica, por meio de programas suplementares de material didático escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde” (Art. 208 § VII). Os artigos 10 e 11 da Constituição afirmam que é responsabilidade do Estado e dos Municípios o transporte dos alunos matriculados em sua rede de ensino (Lei nº 9394/96 à Lei nº 10.709).

De acordo com o Fundo Nacional de Desenvolvimento em Educação (FNDE), há dois programas voltados ao transporte de estudantes: o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE) e o Caminho da Escola, ambos oferecidos pelo Ministério da Educação. Segundo o FNDE, o Programa

“O Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE) foi instituído pela Lei nº 10.880, de 9 de junho de 2004, com o objetivo de garantir o acesso e permanência nos estabelecimentos escolares dos alunos do ensino fundamental público residentes em área rural que utilizem transporte escolar, por meio de assistência financeira, em caráter suplementar, aos estados, Distrito Federal e municípios. Já o Caminho da Escola foi criado pela resolução nº 3, de 28 de março de 2007, e consiste na concessão, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), de linha de crédito especial para a aquisição, pelos estados e municípios, de ônibus, mini ônibus e micro-ônibus zero quilômetro e de embarcações novas. Seus objetivos são renovar a frota de veículos escolares, garantir segurança e qualidade ao transporte dos estudantes.”

Posteriormente, com publicação da Medida Provisória 455/2009, transformada na Lei nº 11.9947, o programa PNATE foi ampliado para toda a educação básica, incluindo os estudantes da educação infantil e do ensino médio residentes em áreas rurais. Outro fator importante que não deve ser deixado de fora é em relação aos pré-requisitos do transporte, frisando as embarcações, também comentado no guia de transporte escolar do Ministério Público – FNDE/MEC. Segue:

“Os alunos podem ser transportados em embarcações nas localidades onde o transporte fluvial ou marítimo (rios, lagos, lagoas, oceanos) for necessário. Todas as embarcações usadas no transporte escolar devem estar equipadas com coletes salva-vidas na mesma proporção de sua capacidade, ter registro na Capitania dos Portos e manter a autorização para trafegar em local visível. Recomenda-se, ainda, que a embarcação possua:

- Grades laterais para proteção contra quedas;
- Cobertura para proteção contra o sol e a chuva;
- Boa qualidade e apresentar bom estado de conservação”

“E quanto ao condutor:

- Idade superior a 21 anos;
- Habilitado na Capitania dos Portos;

- Ter submetido a exame psicotécnico com aprovação especial para transporte de alunos;
- Ter se formado em curso de Formação de Condutor de Transporte Escolar;
- Possuir matrícula na Capitania dos Portos;
- Não ter cometido falta grave ou gravíssima nos últimos doze meses”.

## **2.2 Considerações Especiais com a Saúde - Acessibilidade**

Cerca de 15% da população brasileira, aproximadamente 24 milhões de pessoas, tem algum tipo de deficiência. Calcula-se ainda que há mais de um milhão e meio de pessoas com mobilidade reduzida, como idosos, gestantes, obesos ou qualquer pessoa com dificuldades físicas temporárias para se locomover. Tendo esses números em mente, verifica-se que uma das grandes preocupações na atualidade é, sem dúvida, a qualidade de vida das pessoas. Logo, a acessibilidade é um atributo essencial do ambiente que deve garantir a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas portadoras de necessidades especiais. Ela deve estar presente nos espaços, no meio físico, na informação e comunicação e, por último e não menos importante, no transporte, a fim de garantir o deslocamento livre, com segurança e conforto.

Esse é um tema ainda pouco difundido, apesar de sua inegável relevância. Considerando que ela gera resultados sociais positivos e contribui para o desenvolvimento inclusivo e sustentável, sua implementação é fundamental, dependendo, porém, de mudanças culturais e atitudinais. Assim, as decisões governamentais e as políticas públicas e programas são indispensáveis para impulsionar uma nova forma de pensar, agir, construir, comunicar e utilizar recursos públicos para garantir a realização dos direitos e da cidadania.

Para garantir a acessibilidade, a Resolução de nº 2/2008 ressalta que “o eventual transporte de crianças e jovens portadores de necessidades especiais, em suas próprias comunidades, deverá adaptar-se às condições desses alunos”, fazendo com que assim, seja um direito assistido a fim de promover igualdade substancial, visando a adaptação e locomoção de alunos portadores de deficiência. Além disso, o Decreto nº 7.612, que institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Plano Viver sem Limite, assegura, no artigo 3º a “garantia de que os equipamentos públicos de educação sejam acessíveis para as pessoas com deficiência, inclusive por meio de transporte adequado.

Ao tratar da educação nas áreas rurais, o documento final da Conferência Nacional de Educação (CONAE, 2010), cita a questão do transporte escolar a partir da interface da educação especial, e afirma que

“Garantir a oferta e permanência e ampliar o acesso à escola do campo, de crianças, adolescentes, jovens, adultos e idosos/as, de pessoas com deficiências, transtornos globais do desenvolvimento, altas habilidades/superdotação, entre outras, residentes nas zonas rurais, em todas as etapas da educação básica e na superior, observando-se que o atendimento infantil deve ser oportunizado na própria comunidade, e garantindo-se, para os demais casos, o transporte escolar intracampo.” (CONAE, 2010, p. 135)

Outro item de igual importância é o Decreto nº 5.296 de 2004, que regulamenta as leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Assim, o decreto prevê tratamento diferenciado para essas pessoas desde 2013, incluindo assentos de uso preferencial sinalizados, mobiliário de recepção e atendimento adaptado, disponibilidade de área especial para embarque e desembarque, atendimento prioritário, entre outros.

### *2.2.1 Símbolo Internacional de Acesso (ISA)*

O símbolo internacional de acesso foi adotado durante o XI Congresso Mundial de Reabilitação de Portador de Deficiência, realizado em 1969 pela Rehabilitation International (RI). Ele foi projetado por Susanne Koefoed, em 68, e adaptado posteriormente por Karl Montan. A presença do símbolo é a garantia do exercício de um direito igual ao das demais pessoas: o direito de se locomoverem por toda parte em busca de educação, trabalho, lazer, saúde, segurança, cultura e, também, para poderem cumprir seus deveres como cidadãos.

O uso do símbolo significa que o logradouro ou transporte onde está afixado é acessível às pessoas portadoras de deficiência. Os transportes coletivos constituem um problema todo especial para os portadores de deficiências. Suas soluções, embora tecnicamente viáveis, não encontram acolhida favorável do ponto de vista comercial.

Todavia, podemos dizer que acessibilidade, além de proporcionar a toda população o direito de ir e vir, com segurança e o melhor grau de independência possível, ela garante a

inclusão em todos os ambientes necessários para qualquer indivíduo. Porém, vale ressaltar que não basta apenas uma estrutura física adequada, mas também o uso correto dela, respeitando as diferenças de cada um.

Figura 1. Símbolos Internacionais de Acessibilidade para portadores de deficiência física, deficiência visual e deficiência auditiva



(Fonte: ABNT NBR 9050/2004)

### 2.2.2 Piso Tátil

Piso tátil é o piso diferenciado com textura e cor sempre em destaque com o piso que estiver ao redor. Deve ser perceptível por pessoas com deficiência visual e baixa visão. Sua função é orientar pessoas portadoras de deficiência visual ou com baixa visão.

Pode parecer abstrato para as pessoas que enxergam, mas para o deficiente visual e a pessoa com baixa visão este piso é fundamental para dar autonomia e segurança no dia a dia.

Existem dois tipos: o piso tátil de alerta e piso tátil direcional. O piso direcional serve para indicar e orientar o trajeto em locais amplos onde não tem ponto de referência que seja detectado com a bengala. Por isso, consiste em tiras alongadas circunferenciadas nas pontas, como mostrada na figura 2. Já o piso tátil de alerta é conhecido popularmente como “piso de bolinha”. Sua função, como o próprio nome já diz, é alertar. Por isso é instalado em início e término de escadas e rampas; em frente às portas de elevadores; em rampas de acesso às

calçadas ou mesmo para alertar quanto a um obstáculo que o deficiente visual não consiga rastrear com a bengala.

Figura 2. Piso tátil direcional e alerta



(Fonte: Google Imagem)

### 2.2.3 *Guarda Corpo*

O guarda corpo é um equipamento de proteção coletiva que serve para proteger adultos, crianças e animais de acidentes e quedas graves em função de desnível ou de ambientes mais altos em relação aos outros, conforme sua aplicação também é chamada de parapeito.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina através da norma específica NBR 14718 as condições mínimas de resistência e seguranças exigidas para guarda-corpos tal como altura mínima de 1 metro. A norma também define melhor os espaçamentos mínimos entre perfis, nos vãos abertos – que não devem ser maiores do que 11 centímetros, para evitar que uma criança passe a cabeça –, incluindo o caso de guarda-corpos com desenhos ornamentais: os ornamentos devem estar a 45 centímetros do solo. O material utilizado na sua construção pode ser alumínio, aço, PVC, madeira ou vidro. Devem ser realizados ensaios para deformação, testando o desempenho com cargas extras para avaliar a segurança em caso de acidentes. Isso é que deve garantir que o guarda-corpo não vá se soltar caso várias pessoas se apoiem nele em casos de acidentes, por exemplo.

Figura 3. Guarda-corpo em embarcação



(Fonte: Google Imagem)

## 2.3 Tipos de embarcações

### 2.3.1 *Monocasco*

É um tipo de embarcação que apresenta um casco único e abrangem a maior demanda náutica do mundo. Existem vários tipos de embarcações monocascos: veleiros, navios, cargueiros, lanchas, iates, etc. São embarcações fabricadas em vários tipos de materiais, tamanhos e modelos.

- Desempenho limitado por dispositivos ou pelo próprio peso;
- Velocidade: menores devido a sua grande força de arrasto que se opõe ao movimento.
- Possuem preços mais acessíveis.

### 2.3.2 *Multicasco*

É um tipo de embarcação que apresenta mais de um casco, como o próprio nome diz. E conforme o número de cascos, é possível definir os multicascos. Existe o catamarã, que possui dois cascos e o trimarã possui três cascos. Catamarã provém da palavra Katu Maran, de origem polinésia e quer dizer canoas paralelas.

- Imersão menor: por não possuírem lastro e serem construídos com materiais mais leves;
- Geralmente são menos pesados, o que lhes garante uma força de arrasto menor
- Possui maior velocidade para desviar, evitar ou posicionar-se melhor em relação ao mau tempo, ou seja, são mais rápidos.
- Custo mais elevado.

## **2.4 Tipos de materiais utilizados na fabricação de embarcações**

Para decidir o material utilizado no projeto, anteriormente deve-se levar em consideração o projeto, o tipo de construção e matérias-primas de uma forma geral. A seleção do material para a construção naval não é tarefa fácil por inúmeros motivos, principalmente devido à grande variedade de tipos disponíveis.

Além desse quesito, outros fatores também devem pesar na decisão final:

- Preferência do projetista/construtor em trabalhar com um certo tipo de material;
- O tipo de projeto;
- O custo dos materiais e a tecnologia necessária para a fabricação do mesmo;
- Local e condições onde a embarcação será construída;

O projetista é responsável por fornecer um jogo completo de plantas, como também da lista de materiais. Essa atitude pode ser útil para um cálculo estimado do preço da construção.

### *2.4.1 Madeira*

Por séculos, foi o material mais utilizado na construção de embarcações. Porém, conforme os anos foram passando, a madeira foi perdendo espaço para a fibra de vidro devido a sua natureza previsível e reproduzível de compostos de fibra e os custos de mão de obra associados a eles. A madeira, por outro lado, ainda é um material que exhibe propriedades altamente competitivas em algumas circunstâncias quando comparadas com a fibra de vidro.

Atualmente, continua sendo um material bastante popular na fabricação e construção de pequenas embarcações, principalmente devido à disponibilidade de madeiras na forma de compensados – e bastante utilizado fazendo combinações com resinas e outros materiais de compostos interlaminares.

Vantagens no uso de madeira para construção de embarcações:

- Resistência à tração fácil de ser conseguida;
- Vantagem natural no valor da resistência específica;
- Possui baixa densidade com boas propriedades mecânicas;
- Bom isolante térmico-acústico;
- Fácil de ser trabalhada com ferramentas manuais ou elétricas;
- Disponibilidade de mercado por um custo baixo;

Desvantagens:

- Resistência à flexão, ou rigidez, difícil de ser conseguida;
- Não é um material de engenharia estável;
- Resistência à compressão menor que a resistência à tração – fator limitante;
- Suscetível à deterioração;
- Suscetível à absorção de umidade e também ao fogo – o que causa variações dimensionais e redução de propriedades mecânicas;

Figura 4. Uso de madeira em pequenas embarcações



(Fonte: Google imagens)

### 2.4.2 Aço

É um material bastante resistente e pode ser trabalhado em quase todas as formas desejadas e em embarcações de todos os tamanhos. Em contrapartida, o aço possui baixa resistência à corrosão pela água salgada, necessitando de inúmeras manutenções e possui um enorme peso específico quando comparado aos demais materiais utilizados na fabricação de embarcações.

Para utilizar o aço, o processo de construção envolve um grande número de elementos estruturais obtidos pelo corte e soldagem a partir de diversas chapas normalizadas.

De acordo com a padronização para os aços na publicação da *American Bureau of Shipping* (ABS), eles podem ser classificados em [2]:

- “Uso comum: oferecidos em 6 classes de acordo com a composição química e o tratamento térmico. São elas: A, B, D, E, CS e DS, com tensão de escoamento média da ordem 34000psi”.
- “Aços de alta resistência – para os quais a alta resistência deve estar associada a um baixo peso. Nesta classe, a tensão de escoamento encontra-se na faixa de 45500 a 51000psi”.
- “Aços especiais – indicados para embarcações com alta exigência de confiabilidade, por exemplo: navios para o transporte de gás liquefeito. Alguns materiais desta classe são concebidos para trabalhar em baixas temperaturas e em ambientes altamente corrosivos e / ou abrasivos”.

Figura 5. Uso de aço em embarcações



(Fonte: Google imagens)

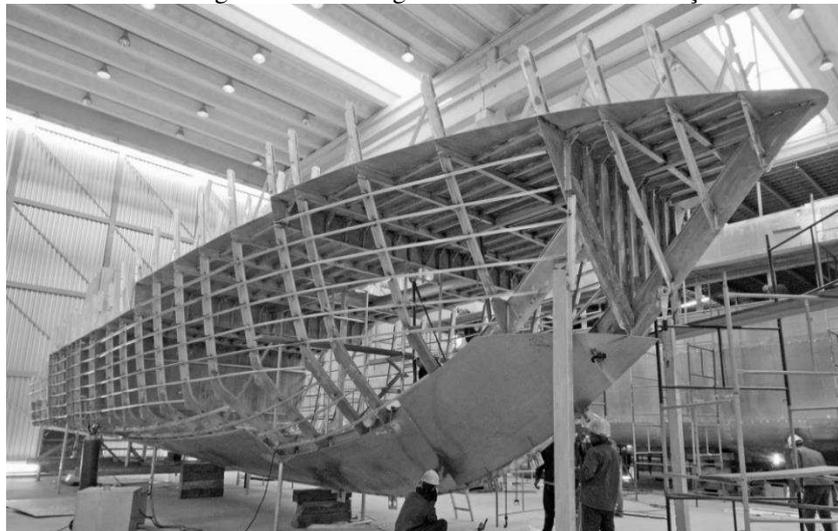
### 2.4.3 Ligas de alumínio

É um material com inúmeras aplicações nas construções de embarcações devido à sua maleabilidade e resistência à corrosão, tais como superestruturas, equipamentos, coberturas de porões, etc. Os custos de manutenção de embarcações de alumínio, se comparados com os de aço, são reduzidos em até 67% (Fujarra, 2006).

O peso específico e as propriedades mecânicas do alumínio permitem uma fabricação e formatação relativamente simples, com ferramentaria simples, requerendo máquinas leves em operação como corte e chanframento. Outro fator de extrema relevância é o manuseio das chapas, que pode ser realizado manualmente devido à baixa densidade do alumínio aliado a um processo limpo. Em contrapartida, possui como desvantagens o alto custo de construção e necessidade de um controle rigoroso nos processos de soldagem.

As ligas mais usadas para aplicações navais são a 5052, 5454, 5083, 5086, 6061, 6063 e 6082.5. Em geral, essas ligas são ricas em magnésio, o que confere maior resistência à corrosão em água salgada. [5]

Figura 6. Uso de liga de alumínio em embarcações



(Fonte: Google Imagens)

### 2.4.4 Ferro-cimento

É um material composto por uma malha de aço reforçado com concreto, de forma que o cimento aplicado cubra todas as peças de aço, não os deixando expostos à atmosfera.

As embarcações construídas com este material possuem uma surpreendente combinação de tenacidade, flexibilidade, isolamento térmico e acústico. São utilizadas principalmente em embarcações de pequeno e médio porte.

Figura 7. Uso de ferro-cimento em embarcações



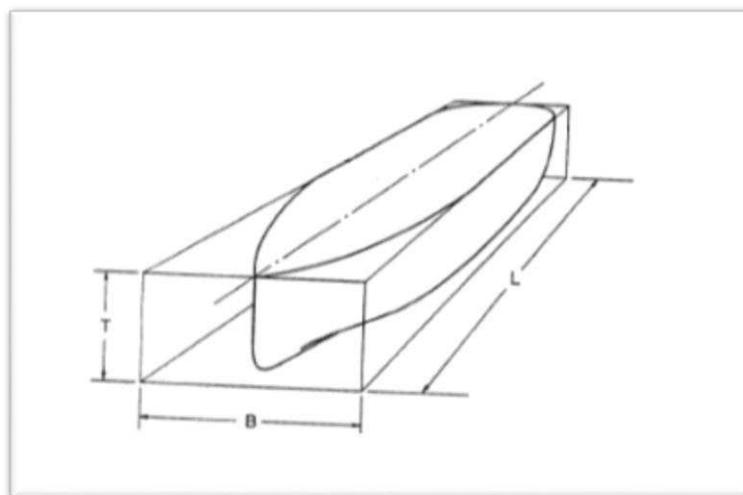
(Fonte: Google Imagens)

## 2.5 Coeficientes de Forma

### 2.5.1 Coeficiente de bloco

O coeficiente de bloco consiste em dividir o volume deslocado pela carena por um “bloco” do comprimento, altura e largura da área molhada. Conforme mostra a figura 8:

Figura 8. Coeficiente de bloco



(Fonte: Prof. Dr. Luís Condino Fugarra, 2006)

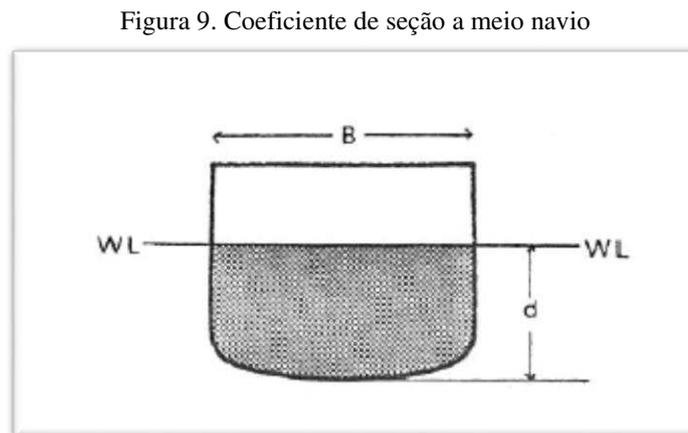
Que se descreve da seguinte forma (Fujarra,2006)::

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot h}$$

O coeficiente de bloco dá a noção da relação capacidade de carga e velocidade. Quanto menor for o coeficiente de bloco, significa que a embarcação possui linhas mais esbeltas e, conseqüentemente, resistência ao avanço menor e assim pode atingir maiores velocidades. Os que possuem um coeficiente mais alto possuem formas mais robustas e, portanto, tem uma capacidade de carga maior.

### 2.5.2 Coeficiente da seção a meio navio

O coeficiente da seção a meio navio consiste em dividir a área média da seção pelo seu calado e pela boca, conforme mostra a figura 9:



(Fonte: Comte. Carlos R. Caminha Gomes, 1981)

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

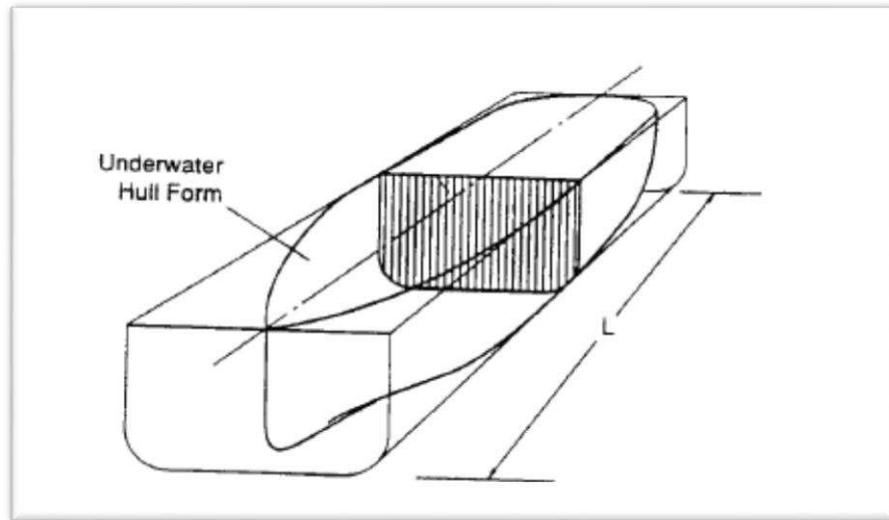
$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot d}$$

É um coeficiente que depende diretamente do calado, mas geralmente os valores estão entre 0,750 a 0,995 por que a diferença é muito pouca entre as áreas da seção molhada pela seção da boca e calado, por isso o valor é muito elevado.

### 2.5.3 Coeficiente prismático

É o volume deslocado pela carena dividido pela área da seção a meio navio e o comprimento de linha d'água, como mostra a figura a 10:

Figura 10. Coeficiente prismático



(Fonte: Prof. Dr. Luís Condino Fugarra, 2006)

. A formula é descrita da seguinte forma (Fugarra,2006):

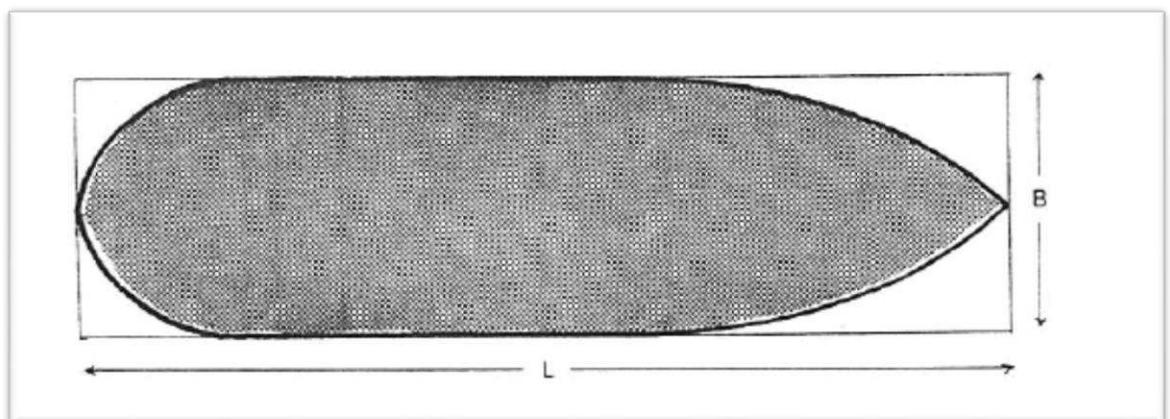
$$C_p = \frac{\nabla}{A_m \cdot L} \quad (5.3)$$

O coeficiente prismático dá uma noção da distribuição longitudinal da flutuação do navio. Com ele é possível ter uma noção da flutuabilidade e estabilidade da embarcação.

#### 2.5.4 Coeficiente do plano de flutuação

É a área longitudinal da área molhada dividido pelo seu comprimento e boca máxima da embarcação como mostra a figura 11:

Figura 11. Coeficiente do plano de flutuação



(Fonte: Comte. Carlos R. Caminha Gomes, 1981)

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

$$C_w = \frac{A_{lw}}{L \cdot B} \quad (5.4)$$

O coeficiente de plano de flutuação dá uma noção da distribuição perpendicular a longitudinal da flutuação do navio. Com ele é possível ter uma noção da flutuabilidade e estabilidade da embarcação.

### **3 DEFINIÇÕES DO PROJETO**

#### **3.1 Especificações da embarcação**

O projeto da embarcação deve atender as necessidades de um transporte escolar comum: acessibilidade, segurança e conforto que suporte a capacidade de pessoas e carga de acordo com as especificações do projeto. O mesmo deve conseguir chegar o mais próximo possível das margens sem atolar e, assim, facilitar e chegar nas áreas mais difíceis. Portanto, para tais parâmetros, as embarcações multicascos devem possuir um menor deslocamento (consequentemente, calado menor) e maior economia quando se trata de motorização (propulsão).

A embarcação deverá atender a mesma demanda de um ônibus escolar de médio porte, com vaga para 22 passageiros, 1 guarda corpo para cadeira de rodas e acompanhante. Ao todo, somam com o piloto um total de 25 pessoas.

#### **3.2 Material utilizado no projeto**

O material escolhido foi a fibra de vidro, pois sua forma de fabricação permite uma linha de produção e apesar de maior custo de fabricação do molde, tem um menor tempo de fabricação. O barco em fibra de vidro é mais leve quando equiparado aos demais materiais, pois necessita de uma camada mais fina (aproximadamente 0,5 mm até 0,9 mm em casos mais críticos) que os demais materiais para resistir aos esforços, o que reduzirá consideravelmente o seu peso que pode chegar até duas vezes maior quando fabricada em qualquer outro material.

Sendo assim, assegura-se que a embarcação para atender tal demanda terá o menor peso possível e, conseqüentemente, um calado menor.

### 3.3 Casco

#### 3.3.1 Geometria

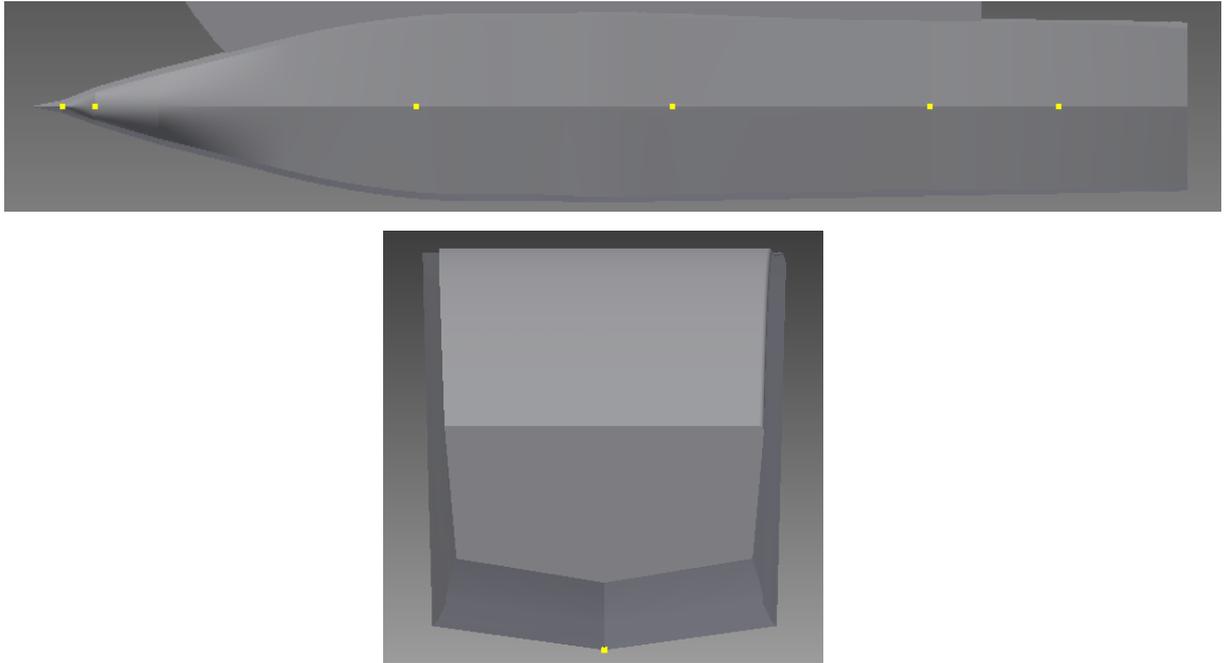
A forma do casco é definida de acordo com a sua aplicação. É o que Jorge Nasseh corrobora em sua publicação (Manual de Construções de Barcos, pag. 22 e 23):

“Existem basicamente três tipos de casco: de deslocamento, semi-deslocamento e de planeio. Linhas mais arredondadas são desejadas em cascos de deslocamento, como é o caso dos trawlers e traineiras de pesca, que possuem sua velocidade limitada pelo seu comprimento e deslocamento. No caso de barcos a vela, as linhas são esbeltas na proa, enquanto na popa são arredondadas e cheias para gerarem uma formação de ondas ideal para o seu desempenho, tanto no contravento quanto no vento de popa. Algumas embarcações operam em condições intermediárias, entre o planeio e o deslocamento, e possuem cascos de semi-deslocamento. Estes cascos têm formas também intermediárias, com proas arredondadas e popas mais planas com menos volume.

No caso de cascos planadores, as linhas são projetadas com o fundo plano, para poderem planar com mais facilidade, e a forma em ‘V’ do fundo é definida de acordo com o tipo de mar onde a embarcação era operar. Caso você queira passear com a família em águas abrigadas, então um casco com o fundo plano e pouco ‘V’ será a melhor opção de desempenho. Por outro lado, se o objetivo é pescar em águas agitadas com muita formação de ondas, então é melhor escolher um casco com uma boa dose de ‘V’ para fornecer uma navegação confortável e segura.”

Portanto, como será um barco projetado apenas ao transporte de passageiros, devendo transitar em áreas de encontro de rios com o mar, podendo assim entrar em regiões de ondas e marolas não muito agitadas, a geometria definida em forma de “V”, que garantirá uma melhor performance, uma economia nos gastos de combustível e estabilidade. Conforme mostram as figuras a seguir:

Figura 12. Vistas do fundo e traseira do casco



(Fonte: Autoria própria)

### 3.3.2 Definições e dimensionamento

Verificando outras embarcações no mercado brasileiro, uma embarcação de características e tamanho semelhante, temos o “*Praia 30*” da *Maramar Náutica*, que tem as seguintes informações:

Tabela 1. Dados técnicos

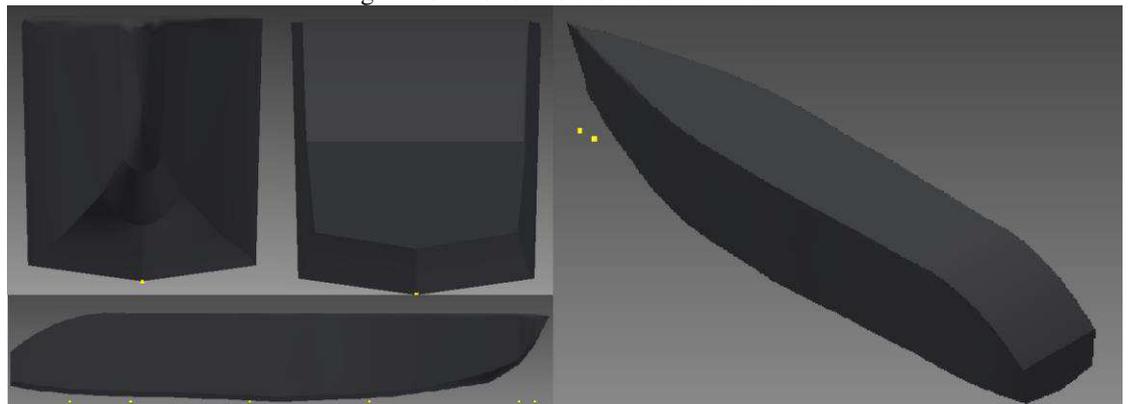
<b>PRAIA 30</b>	<b>VALOR</b>
<b>Comprimento total</b>	<b>9,20 m</b>
<b>Largura m</b>	<b>5,60 m</b>
<b>Calado</b>	<b>0,70 m</b>
<b>Altura do mastro</b>	<b>13,00 m</b>
<b>Deslocamento máximo</b>	<b>1500 kg</b>

<b>Água doce</b>	<b>200 L</b>
<b>Motor de popa</b>	<b>Até 250 HP</b>
<b>Bateria</b>	<b>2 x 12 vvc – 100A</b>

(Fonte: Praia 30, Maramar Náutica)

Portanto, adota-se as seguintes especificações: comprimento máximo ( $C$ ) dos cascos será de 9 metros e largura máxima ( $B_m$ ) de 1,5 metros. A cabine terá 5 metros de comprimento ( $C_c$ ) e 3,5 metros de largura ( $B_c$ ). Leva-se em consideração que a resina poliéster e a fibra de vidro terão uma densidade ( $\rho_f$ ) de  $1,69\text{g/cm}^3$  ou  $1690\text{kg/m}^3$ . Logo, será necessário para reforço estrutural dos cascos uma espuma denominada *divinicell*®. De acordo com tais especificações o projeto feito no inventor é mostrado na figura a seguir:

Figura 13. Vistas dos cascos no Inventor



(Fonte: Autoria própria)

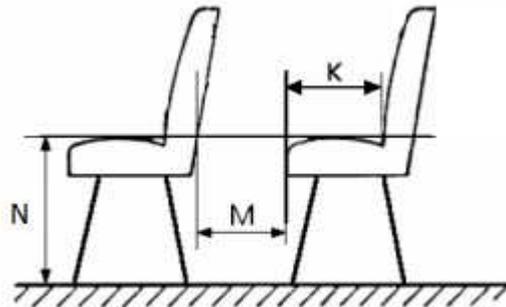
Considerando que a Motorização máxima designada na “praia 30” foi de 25 HP, para efeitos de cálculo, será utilizada motorização de 50 HP (dois motores de POPA YAMAHA 25 HP). Considera-se que a velocidade máxima ( $V_{m\acute{a}x}$ ) atingida pela embarcação será de 8,33 m/s ou 16,198 nós.

### 3.4 Planta da cabine

Para a cabine, deseja-se colocar 22 assentos para passageiros, mais 1 guarda corpo para cadeira de rodas e um assento para o acompanhante. Com o piloto, tem-se o total de 25 assentos.

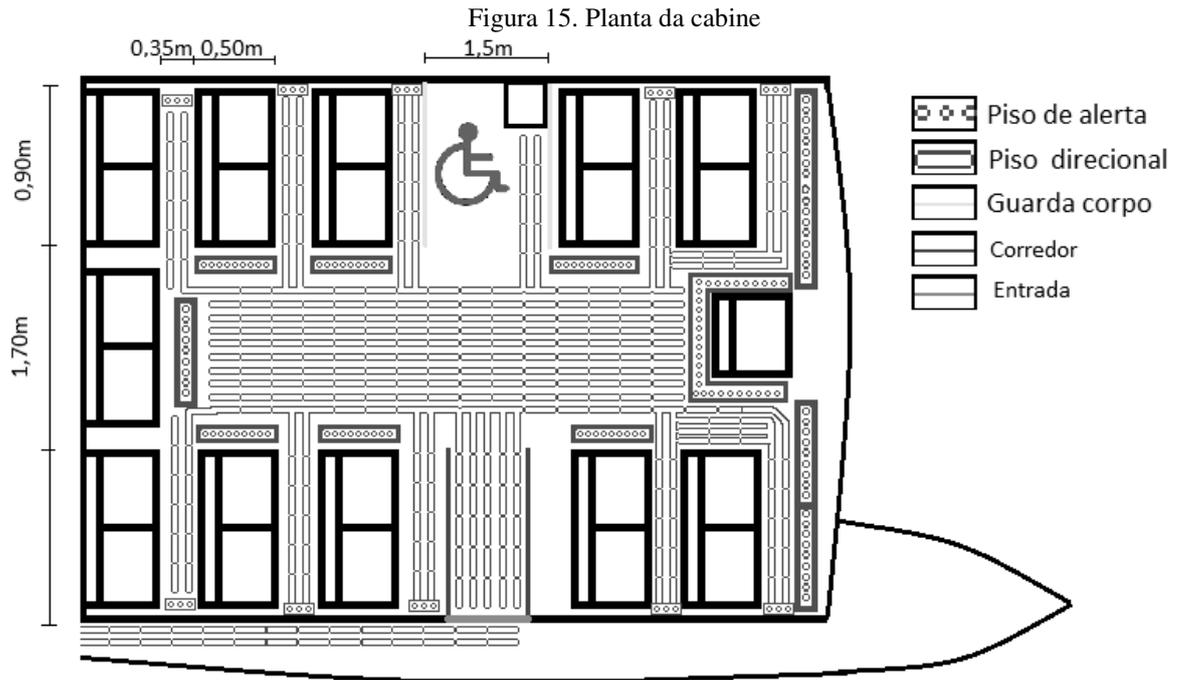
Para os assentos dos passageiros, segundo a classificação dos veículos para o transporte de passageiros, tipo micro-ônibus, categoria M2 das resoluções do DENATRAN, o espaçamento mínimo (M) entre as poltronas da fila devem ser de no mínimo 0,25 metros. Os assentos devem ter largura (F) de pelo menos 0,40 metros, comprimento (K) de 0,35 metros e altura (N) de pelo menos 0,38 metros, como mostra a figura:

Figura 14. Dimensionamento dos assentos



(Fonte: denatran.com.br)

Segundo o Registro Brasileiro de Navios e Aeronaves (RBNA), em seu documento programa de habitabilidade e acessibilidade, a porta de acesso do convés deve possuir no mínimo 0,80 metros de largura (G), o guarda corpo para cadeira de rodas e uma pessoa deve possuir de 1,20 a 1,50 metros de comprimento e sua largura de pelo menos 0,65 metros. Então o guarda corpo para o deficiente terá dimensões de 1,5 m de comprimento (Cgc) e 0,9m de largura (Ggc) O piso de alerta deve sinalizar o fim do caminho e obstáculos, enquanto os de direção, indicar o caminho.



(Fonte: Autoria própria)

## 4 CÁLCULOS DO PROJETO

### 4.1 Cálculo das massas

De acordo com o desenho do Inventor, é possível obter as seguintes informações:

- Com área total da cabine ( $A_{cab}$ ) sendo de  $69,986 \text{ m}^2$ , a espessura será de  $5 \text{ mm}$ , dá um volume total ( $V_{cab}$ ) de  $0,34993 \text{ m}^3$ ;
- Com área total do casco ( $A_{cas}$ ) sendo de  $46,201 \text{ m}^2$ , a espessura será de  $8 \text{ mm}$ , dá um volume total ( $V_{cas}$ ) de  $0,369608 \text{ m}^3$ ;

Com isso é possível calcular a massa da cabine:

$$m_{cab} = V_{cab} \cdot \rho_f = 0,34993 \cdot 1690 = 591,3817 \text{ kg}$$

E a massa de cada casco:

$$m_{cas} = V_{cas} \cdot \rho_f = 0,369608 \cdot 1690 = 624,6375 \text{ kg}$$

Portanto, a massa dos cascos será de  $624,63 \text{ kg}$  cada e a cabine  $591,38 \text{ kg}$ . Logo, a massa total da estrutura da embarcação será de  $1.840,6492 \text{ kg}$ . Entretanto, ainda deve-se considerar

todas as massas envolvidas na operação da embarcação, sendo os tripulantes e/ou qualquer outra demanda ou item que a embarcação deve possuir para navegar. Considera-se tais itens com valores máximos para possível necessidade de transporte das pessoas. Segue a tabela seguinte para encontrar a massa total de operação da embarcação ( $m_t$ ):

Tabela 2. Massas envolvidas na embarcação

Item	Descrição	Quantidade	Massa
<b>Embarcação</b>	<b>Cascos e cabine</b>	<b>1</b>	<b>1840,65 kg</b>
<b>Tripulantes</b>	<b>Pessoas 80kg</b>	<b>25</b>	<b>2000 kg</b>
<b>Motorização</b>	<b>Motor 25 HP</b>	<b>2</b>	<b>104 kg</b>
<b>Tanque de combustível</b>	<b>400 Litros (0,4 m<sup>3</sup>) de Diesel com densidade de 860kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1</b>	<b>344 kg</b>
<b>Tanque de Água</b>	<b>200 L</b>	<b>1</b>	<b>200 kg</b>
<b>Reforços do Casco</b>	<b>Anteparas do Casco Reforçada (5kg)</b>	<b>16</b>	<b>80kg</b>
<b>Sistema Elétrico</b>	<b>Baterias, Bombas, Fiação e Lâmpadas</b>	<b>1</b>	<b>30 kg</b>
<b>Sistema de Direção</b>	<b>Lemes e Caixa de Direção</b>	<b>1</b>	<b>10 kg</b>
<b>Sistema de evacuação</b>	<b>Sanitários e encanação</b>	<b>1</b>	<b>10 kg</b>
<b>TOTAL</b>			<b>4.618,65 kg</b> <b>Ou 4,618 Ton</b>

(Fonte: Autoria própria)

Portanto, a massa total de operação da embarcação ( $m_t$ ) será de 4,618 toneladas (4.618,65 kg). Geralmente embarcações de tal tamanho aguentam uma quantidade relativamente maior de carga que podem chegar até 14 toneladas, comparando em relação a outras no mercado, tal como o “*praia 30*”. Mas, para os objetivos e necessidades do projeto, a capacidade de 4,618 toneladas é mais que suficiente.

## 4.2 Cálculo do volume deslocado da carena ( $\nabla$ )

Para definir o volume que a embarcação vai deslocar, utiliza-se o princípio de Arquimedes, que define que todo corpo em equilíbrio imerso em um fluido, onde atua uma força normal com sentido oposto a força gravitacional e ao peso do corpo, o empuxo:

$$E = P_c \quad (4.1)$$

Sabendo que o peso da embarcação será o produto do somatório das massas envolvidas na embarcação e a gravidade:

$$E = m_t \cdot g \quad (4.2)$$

E considera que o empuxo será o volume deslocado ( $\nabla$ ) pelo produto do peso específico do fluido no qual o corpo está imerso:

$$\nabla \cdot \gamma_A = m_t \cdot g \quad (4.3)$$

Assim, o volume deslocado total será dado pela seguinte fórmula:

$$\nabla = \frac{m_t}{\rho} \quad (4.4)$$

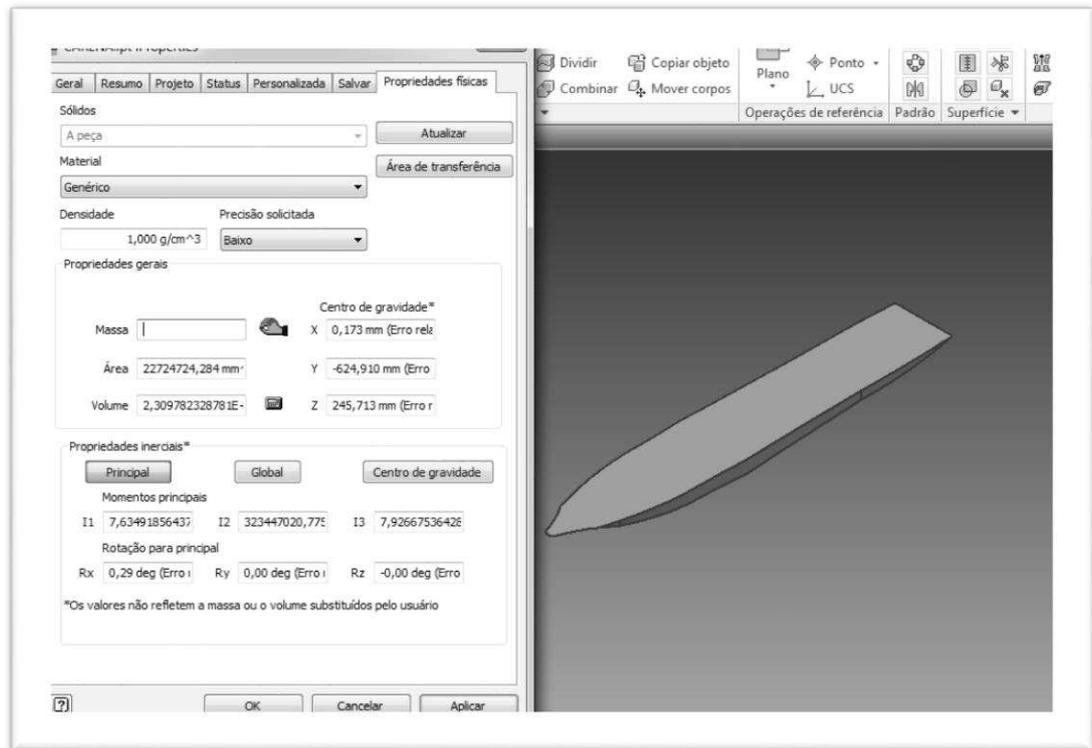
Considerando que a embarcação irá navegar tanto em água salgada onde a densidade é de  $1025 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho_{as}$ ), como em água doce onde a densidade é de  $1000 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho_{ad}$ ), o valor mais “crítico” para encontrar o deslocamento máximo da embarcação será o da água doce. Então, substituindo na equação 4.1 o valor do somatório das massas, pela massa específica da água doce:

$$\nabla = \frac{4.618,6567 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 4,618 \text{ m}^3$$

Portanto, o volume máximo total deslocado pela embarcação ( $\nabla$ ), será de  $4,618 \text{ m}^3$ , isso para ambos os cascos, unitariamente, cada um terá um volume deslocado de ( $\nabla_{cas}$ ) de  $2,309 \text{ m}^3$ .

Com a ferramenta *Iproperties* do Inventor é possível encontrar o volume de  $2,309 \text{ m}^3$ . De forma experimental, vários calados foram inseridos até chegar ao volume requerido no projeto. O calado ( $H_c$ ) foi de  $37,35 \text{ cm}$  que equivale a  $0,3735 \text{ m}$ :

Figura 16. Valor do volume através do IProperties



(Fonte: Autoria própria)

Portanto, o calado da embarcação ( $H_c$ ) à máxima operação será de 0,38m. O resultado é satisfatório, pois a média de calados de embarcações semelhantes, como já mostrado anteriormente é em torno de 0,40 a 0,90m.

### 4.3 Propulsão

A propulsão definida depende diretamente de dois fatores, um deles é o volume deslocado pela carena e a velocidade que deseja que a embarcação tenha. Conclui-se que a embarcação terá velocidade máxima de 16,198 nós e o deslocamento total de 4,619 m<sup>3</sup>.

A potência será dada pela formula do almirantado inglês (Fujarra,2006), que define a potência efetiva da embarcação em Horse Power (HP):

$$POT_{Alm} = \frac{\nabla_{ton}^{2/3} \cdot V_n^3}{C_{alm}} \quad (4.5)$$

O  $\nabla_{ton}$  é o volume deslocado pela carena em toneladas longas,  $V_n$  a velocidade da embarcação em nós, e  $C_{alm}$  é o coeficiente do almirantado, que é adimensional. Considerando

que para cada  $1\text{m}^3$  de água (para densidade de  $1000\text{kg}/\text{m}^3$ ), tem-se  $1000\text{ kg}$  (1 tonelada), então para cada metro cúbico de água tem-se uma tonelada. Então  $\nabla = \nabla_{ton}$ .

$$POT_{Alm} = \frac{4,6184^{2/3} \cdot 16,198^3}{350} = 33,67 \text{ HP}$$

Considerando que são dois cascos, unitariamente, cada uma levaria  $16,835\text{ HP}$ . No mercado, encontra-se apenas motores de popa de  $15\text{HP}$  ou  $20\text{HP}$ . Então a motorização definida será de dois motores de  $20\text{ HP}$ , com  $21,4$  cilindradas,  $5400$  à  $6100\text{ rpm}$  e 4 tempos.

Define-se a Motorização Efetiva da embarcação ( $POT_{ef}$ ) de  $40\text{ HP}$  que é altamente econômica para o porte de embarcação. Compara-se com uma embarcação de  $14$  metros que carrega de  $50$  até  $83$  passageiros conforme mostram a figura seguinte:

Figura 17. Características da embarcação P034 - Motor Cat 14m B



(Fonte: Arqnav.com.br em 04/12/15)

A embarcação possui comprimento 1,55 vezes maior (14 metros) e, ainda assim, tem uma motorização 3,75 vezes maior para sua motorização mínima (150HP) e 7,5 vezes para sua motorização máxima (300 HP). Possui também tripulação de 83 pessoas, 3,32 vezes maior que a tripulação da embarcação do projeto.

## 5 CÁLCULOS DOS COEFICIENTES DE FORMA

### 5.1 Coeficiente de bloco

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot h} \quad (5.1)$$

Substituindo na fórmula:

$$C_b = \frac{2,309}{8,038 \cdot 1,352 \cdot 0,3735} = 0,568$$

Portanto o valor do coeficiente de bloco é  $C_b = 0,568$ .

### 5.2 Coeficiente da seção a meio navio

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot d} \quad (5.2)$$

Substituindo na fórmula:

$$C_m = \frac{0,464}{1,434 \cdot 0,3735} = 0,866$$

Portanto o valor do coeficiente da seção de meio navio é  $C_m = 0,866$ .

### 5.3 Coeficiente prismático

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

$$C_p = \frac{\nabla}{A_m \cdot L} \quad (5.3)$$

Substituindo na formula:

$$C_p = \frac{4,618}{0,866 \cdot 8,038} = 0,663$$

Portanto o valor do coeficiente prismático é:  $C_p = 0,663$ .

#### 5.4 Coeficiente do plano de flutuação

A formula é descrita da seguinte forma (Fujarra,2006):

$$C_w = \frac{A_{lw}}{L \cdot B} \quad (5.4)$$

Substituindo na formula:

$$C_w = \frac{9,928}{8,038 \cdot 1,351} = 0,912$$

Portanto o valor do coeficiente do plano de flutuação é  $C_w = 0,912$ .

#### 5.5 Comparação de coeficiente de embarcações

Para comparar as embarcações as tabelas a seguir mostram os dados de embarcações de todos os tipos no mercado:

Tabela 3. Identificação de embarcações

1	Transatlântico	9	Petroleiro: óleo Cru
2	Passageiros e cargas	10	Derivados de petróleo
3	Porta container I	11	LNG
4	Porta container II	12	Offshore supply
5	Carga geral	13	Pesqueiro
6	Barcaça	14	Quebra Gelo
7	Roll on/ Roll off	15	Fragata
8	Granéis sólido	16	Dique flutuante

(Fonte: Prof. Dr. Luís Condino Fujarra, 2006)

Tabela 4. Comparativa de embarcações

ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	EMB
COEFICIENTE DE BLOCO	0,532	0,583	<b>0,579</b>	0,630	0,612	0,582	<b>0,568</b>	0,836	<b>0,568</b>
COEFICIENTE DA SEÇÃO MESTRA	0,953	0,967	0,965	0,975	0,981	0,922	0,972	0,996	<b>0,866</b>
COEFICIENTE PRISMÁTICO	0,558	0,603	0,600	<b>0,646</b>	0,624	0,631	0,584	0,839	<b>0,663</b>
COEFICIENTE DE LINHA D'ÁGUA	0,687	0,725	0,748	0,740	0,724	0,765	0,671	0,898	<b>0,912</b>
ITEM	9	10	11	12	13	14	15	16	EMB
COEFICIENTE DE BLOCO	0,842	0,772	0,722	0,660	0,538	0,488	0,449	<b>0,563</b>	<b>0,568</b>
COEFICIENTE DA SEÇÃO MESTRA	0,996	0,986	0,995	0,906	0,833	<b>0,853</b>	0,741	0,933	<b>0,866</b>
COEFICIENTE PRISMÁTICO	0,845	0,784	0,726	0,729	<b>0,646</b>	0,572	0,605	0,603	<b>0,663</b>
COEFICIENTE DE LINHA D'ÁGUA	<b>0,916</b>	0,854	0,797	0,892	0,872	0,740	0,727	0,720	<b>0,912</b>

(Fonte: Prof. Dr. Luís Condino Fajarra, 2006)

O coeficiente de bloco está diretamente ligado a velocidade e a capacidade de carga da embarcação. Quanto maior for, maior a capacidade de carga. E quanto menor for, maior será a velocidade.

O  $C_b = 0,568$  mostra que a embarcação tem um valor mediano entre a capacidade de carga e a velocidade. Comparando o valor obtido conforme a tabela 4, o coeficiente de bloco foi igual ao Roll-on/Roll-off. Também foi aproximado ao dique flutuante, transatlântico, porta-container e barçaça.

O coeficiente da seção de meio navio, como já esperado, deu entre 0,750 a 0,995.  $C_m = 0,866$  Indica que o coeficiente está dentro dos valores esperado e se aproximou ao valor do quebra gelo conforme a tabela 4.

O coeficiente prismático  $C_p = 0,663$  tem valor aproximado ao porta-container e embarcação pesqueira conforme a tabela 4.

O coeficiente de linha d'água  $C_w = 0,912$  se assemelhou-se apenas a de um petroleiro.

## 6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com todas as análises e cálculos feitos, obtém-se um resultado positivo, e a conclusão do projeto com alguns dos dados expostos na tabela a seguir:

Tabela 5. Resultados obtidos no Projeto da Embarcação.

ITEM	VALOR
<b>Comprimento Máximo (LOA)</b>	<b>9 m</b>
<b>Comprimento de linha d'água (LWL)</b>	8,018 m
<b>Boca máxima do Casco</b>	1,5 m
<b>Largura Máxima da Embarcação</b>	5 m
<b>Deslocamento</b>	4,618 m <sup>3</sup>
<b>Passageiros</b>	25
<b>Motorização</b>	2x Motor popa 20 HP
<b>Velocidade Máxima</b>	10 – 16 nós
<b>Tanque de combustível</b>	400 L
<b>Tanque de água</b>	200 L
<b>Calado máximo</b>	0,38 m
<b>Coefficiente de bloco</b>	0,568
<b>Coefficiente da seção a meio navio</b>	0,866
<b>Coefficiente prismático</b>	0,663
<b>Coefficiente de linha d'água</b>	0,912

(Fonte: Autoria própria)

Analisando os dados e comparando com outras embarcações mostradas anteriormente os resultados mostram que o projeto atenderá sua demanda.

A embarcação foi projetada de forma segura, dentro de todas as normas estabelecidas. A segurança é garantida pela proteção da cabine, pelo posicionamento dos assentos, os corredores são largos e possuem piso tátil para que os deficientes visuais possam transitar com segurança. O conforto é garantido pois o espaço entre as poltronas são maiores do que o mínimo permitido pela norma, garantindo um espaçamento confortável, assim o passageiro terá espaço para sentar e não ficará apertado para as pernas.

Obteve-se um calado relativamente baixo, quando comparada a embarcações de mesmo porte já mostradas anteriormente, e seu calado máximo de 38 cm, atende todas as expectativas, e será possível transitar nos rios que são mais rasos e garantir que o transporte escolar chegue nas áreas mais difíceis.

A definição da propulsão em função do volume deslocado pela embarcação, garante que a motorização relativamente para baixa para embarcação, garantirá uma economia nos gastos de combustível e melhora a qualidade do transporte.

A cabine projetada, atende todos os requisitos para transportar passageiros com deficiência visual, física, ou pessoas de mobilidade reduzida. O que facilitará a vida de pessoas com deficiências que não tem acesso a um transporte escolar de qualidade, e que lhe é garantido por lei.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABDI/CGEE. Construção naval: breve análise do cenário brasileiro em 2007 -- Brasília, 2008
- [2] ABS, 1994, American Bureau of Shipping, Offshore Racing Yachts, USA.
- [3] Augusto, O. B., “Análise Estrutural de Navios”, Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Naval, Volume 4, USP e UFPE, São Paulo, 2001
- [4] FUJARRA, Prof. Dr. André Luís Condino, Especialização em Engenharia Naval, **Módulo 1 Arquitetura Naval**, Material de apoio ao curso oferecido na Universidade de Pernambuco UPE, 2006.
- [5] GOMES, Comte. Carlos R. Caminha, Arquitetura Naval para Oficiais de Náutica, 1981. HERTZBERG, Richard W. **Deformation and fracture mechanics of engineering materials**. 4 ed. New York: Editora John Wiley & Sons, 1996. [111111]
- [6] INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE – ITTC (2008) Proceedings of Resistance Committee. 25th ITTC, Fukuoka, Japan, September, 2008.
- [7] KELSALL, Derek, Catalog – catamarans you can build, Inglaterra.
- [8] MIGUEIS, Ronaldo José Fazanelli. **Aspectos estruturais da mastreação, transversais e casco de catamarans a vela Day Charter**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- [9] NASSEH, Jorge. **Manual de Construção de Barcos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Barracuda Composites, 2011. 660 p.
- [10] REGISTRO BRASILEIRO DE NAVIOS E AERONAVES. **RGMM06P**: Classificação e Construção de Embarcações de Aço para navegação interior, 2006. 11 p.

[11] VAN MANEN, J. D.; VAN OOSSANEN, P.. **Principles of Naval Architecture**: Second Revision. Snamen: 1988. 2 v. The Society of Naval Architets & Marine Engineers.

[12] Disponível em: <<http://www.canoekayak.com/gear/boat-book-placid-boatworks/>>  
Acessado em: Outubro 2015

[13] Disponível em: <<http://www.marineengineering.org.uk/>> Acessado em: Novembro 2015

[14]Disponível em: <<http://forshipbuilding.com/ship-types/cargo-ship/>> Acessado em: Novembro 2015

[15] Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/hull.htm>>  
Acessado em: Novembro 2015