

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

CARLOS EDUARDO DE SOUZA

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PROJETOS DE EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS
CONSTRUÍDAS NA REGIÃO DE ITAJAÍ

Joinville
2018

CARLOS EDUARDO DE SOUZA

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PROJETOS DE EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS
CONSTRUÍDAS NA REGIÃO DE ITAJAÍ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de graduação em
Engenharia Naval, da Universidade Federal de
Santa Catarina, Campus Joinville, como parte
dos requisitos para a obtenção do título de
Engenheiro Naval.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Aurélio
Quinhões Pinto

Joinville

2018

CARLOS EDUARDO DE SOUZA

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PROJETOS DE EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS
CONSTRUÍDAS NA REGIÃO DE ITAJAÍ

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 26 de junho de 2018.

Banca Examinadora:

Dr. Eng. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
Presidente/Orientador

Dr. Eng. José Henrique Sanglard
Membro
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dr. Eng. Luís Fernando Peres Calil
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Eng. Thiago Pontin Tancredi
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e energia.

Aos meus pais Celso e Rosiméri, que deram apoio nas horas difíceis e que me incentivaram em meus projetos acadêmicos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, pelo empenho dedicado, apoio e confiança.

Aos construtores navais César Coelho e José Olavo Coelho, por terem entendido a importância deste trabalho e compartilhado de suas sabedorias.

A família do Sr. Arizon da Silva, por ter emprestado o modelo de meio bloco.

A todos os proprietários de estaleiros artesanais e carpinteiros navais, que me recebiam de forma hospitaleira, permitindo realizar as fotografias presentes nesse trabalho.

Aos meus amigos de graduação e projeto de extensão, pelos momentos inesquecíveis, lições e amizade.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Itajaí e Navegantes, cidades litorâneas de Santa Catarina, integram o maior polo pesqueiro do Brasil. Sua frota pesqueira, voltada à pesca industrial, em sua maioria é composta por embarcações construídas em madeira por construtores navais que se utilizam do conhecimento empírico herdado de seus antecessores e adquiridos ao longo de sua experiência na profissão. Os barcos de pesca, projetados e construídos pelos construtores navais têm comprimento na faixa de 13 a 30 metros e atendem aos requisitos do armador, conforme modalidade de pesca adotada. O presente trabalho tem como objetivo analisar as técnicas projetuais utilizadas pelos construtores navais e compará-las com métodos modernos propostos na engenharia para o projeto de embarcações pesqueiras. Para o levantamento das técnicas, adotou-se o uso de entrevistas com os construtores navais em seus locais de trabalho, os estaleiros. Este trabalho permitiu registrar as técnicas projetuais empregadas pelos construtores navais, ferramentas empregadas no projeto, as fontes de inspiração para a definição da geometria do casco e a forte relação da qualidade do produto com a criatividade e experiência do projetista, já que não existe consulta ou atenção às normas e critérios específicos da IMO ou sociedades classificadoras para embarcações de pesca, tampouco tem seu arrasto avaliado para otimização de sua geometria de casco, como usualmente acontece nos projetos de embarcações.

Palavras-chave: Projetos artesanais. Barcos de pesca. Construção Naval. Construtores Navais.

ABSTRACT

Itajaí and Navegantes, coastal cities of Santa Catarina, are part of the largest fishing pole in Brazil. Its fishing fleet, focused on industrial fishing, is mostly composed of boats built in wood by shipbuilders who use the empirical knowledge inherited from their predecessors and acquired throughout their experience in the profession. The fishing boats designed and built by the shipbuilders have length in the range of 13 to 30 meters and meet the requirements of the owner, according to the fishing method adopted. The present work has as objective to analyze the techniques used by the shipbuilders and compare them with the methods proposed in the engineering for the design of fishing vessels. For the survey of the techniques, it was adopted the use of interviews with the shipbuilders in their work places, the shipyards. This work allowed us to record the design techniques used by the shipbuilders, the tools used in the project, the sources of inspiration for the definition of the hull geometry and the strong relation of product quality to the designer's creativity and experience, since there is no consultation or attention to the specific norms and criteria of the IMO or classification societies for fishing vessels, nor does it have its drag evaluated for optimization of its hull geometry, as usually happens in the development of vessels projects.

Keywords: Craft projects. Fishing boats. Shipbuilding. Shipbuilders.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico com o percentual da frota pesqueira em Santa Catarina por modalidades de pesca.....	19
Figura 2 – Comprimento médio dos pesqueiros por modalidades de pesca.....	20
Figura 3 – Quantidade de embarcações com casco de madeira ou aço por modalidades de pesca.....	20
Figura 4 – Espiral de Evans.....	23
Figura 5 – Espiral de Evans para uma embarcação de pesca.....	26
Figura 6 – Exemplo de curvas de área seccional, com os mesmos parâmetros principais.....	29
Figura 7 – Tipos de proas não bulbosas.....	30
Figura 8 – Formas de seção da proa em U e V sendo comparadas.....	31
Figura 9 – Tipos de popas adotadas em pesqueiros.....	32
Figura 10 – Localização da superestrutura.....	33
Figura 11 – Arranjo de uma embarcação com superestrutura na popa.....	35
Figura 12 – Arranjo de uma embarcação com superestrutura na proa.....	35
Figura 13 – Divisão dos pesos de uma embarcação.....	37
Figura 14 – Movimentos de <i>pitch</i> , <i>roll</i> e <i>heave</i>	40
Figura 15 – Bolinas.....	41
Figura 16 – Altura da proa.....	42
Figura 17 – Tipos de leme.....	46
Figura 23 – Planos do casco.....	46
Figura 24 – Desenho de linhas.....	47
Figura 18 – <i>Layout</i> de um estaleiro tradicional da região de Itajaí-SC.....	49
Figura 19 – Embarcação Ramos II à direita e a embarcação Brandino à esquerda.....	50
Figura 25 – Mapa dos estaleiros.....	53
Figura 20 – Estrutura inicial onde as cavernas são encaixadas.....	55
Figura 21 – Método de <i>carvel plank</i>	56
Figura 26 – Formação do bloco.....	57
Figura 27 – Esboço inicial.....	58
Figura 28 – Modelamento do bloco.....	59
Figura 29 – Finalização do bloco.....	60
Figura 30 – Representação das linhas d’aguas.....	61
Figura 31 – Primeiros traços.....	62

Figura 32 – Linha de Tosado.....	63
Figura 33 – Linha do cordeamento.....	63
Figura 34 – Esboço final do projeto.....	64
Figura 35 – Início do traçado.....	65
Figura 36 – Uso do virote.....	66
Figura 37 – Carenamento dos planos de alto e linhas d’agua.....	67
Figura 38 – Traçado do plano de balizas.....	67
Figura 39 – Finalização do plano de linhas.....	68
Figura 40 – Casco de madeira (a) e aço (b).....	72
Figura 41 – Tipos de popa.....	73
Figura 42 – Arranjo e compartimentação.....	74
Figura 43 – Uso da bolina.....	76
Figura 44 – Bolina.	76
Figura 45 – Cordeamento da borda falsa.....	77
Figura 46 – Reforçadores de uma embarcação com casco em madeira.....	78
Figura 47 – Peças estruturais em um barco de madeira.....	79
Figura 48 – Pés de carneiro.....	80
Figura 49 – Potência instalada na pesca de cerco em cascos de aço.....	86
Figura 50 – Potência instalada na pesca de cerco em cascos de madeira.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Otimização das principais dimensões.....	27
Tabela 2 – Relações adimensionais.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

CFD – Dinâmica dos fluidos computacional

FRP – Polímeros Reforçados com Fibras

GEP – Registro Geral da Pesca

NORMAM – Normas da Autoridade Marítima

SC – Santa Catarina

SINDIPI – Sindicato dos Armadores e das Indústrias de Pesca de Itajaí e Região

LISTA DE SÍMBOLOS

B – Boca

CB – Coeficiente de Bloco

D – Pontal

GM – Altura Metacêntrica

GML – Altura Metacêntrica Longitudinal

GMT – Altura Metacêntrica Transversal

KB – Altura de Centro de Carena

KG – Altura do Centro de Gravidade

KM – Metacentro

KML – Metacentro Longitudinal

KMT – Metacentro Transversal

Lcb – Centro de Flutuação Longitudinal

Loa – Comprimento Total

LPP – Comprimento entre Perpendiculares

Lwl – Comprimento de Linha d'água

T – Calado

Δ – Deslocamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 EMBARCAÇÕES DE PESCA INDUSTRIAIS.....	17
2.1.1 Composição da frota pesqueira de Santa Catarina.....	18
2.1.2 Características das Embarcações em Santa Catarina.....	19
2.2 PROJETO DE EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS.....	21
2.2.1 Projeto conceitual.....	22
2.2.2 Projeto preliminar.....	22
2.2.3 Projeto contratual.....	24
2.2.4 Projeto detalhado.....	25
2.3 DISCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS VOLTADO PARA UMA EMBARCAÇÃO DE PESCA.....	25
2.3.1 Dimensões principais.....	26
2.3.2 Forma.....	28
<u>2.3.2.1 Perfil da proa.....</u>	<u>30</u>
<u>2.3.2.2 Forma das seções na proa.....</u>	<u>31</u>
<u>2.3.2.3 Perfil da popa.....</u>	<u>32</u>
2.3.3 Arranjo de convés.....	33
2.3.4 Arranjo interno (Compartimentação).....	34
2.3.5 Pesos e centros.....	36
2.3.6 Estabilidade transversal e longitudinal.....	38
2.3.7 Seakeeping.....	40
2.3.8 Resistência ao avanço.....	42
2.3.9 Sistema propulsivo.....	43
2.3.10 Motorização.....	44
2.3.11 Estrutural.....	44
2.3.12 Sistema de governo.....	45
2.4 INTRODUÇÃO A GEOMETRIA DAS EMBARCAÇÕES.....	46

2.5 CONTEXTO HISTÓRICO DAS EMBARCAÇÕES CONSTRUÍDAS EM MADEIRA EM ITAJAÍ E NAVEGANTES.....	48
3. METODOLOGIA.....	52
3.1 AMOSTRAGEM.....	52
3.2 ENTREVISTA.....	53
4. PROCESSOS DE PROJETOS EMPÍRICOS.....	55
4.1 TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO.....	55
4.2 TÉCNICAS PARA OBTENÇÃO DOS PLANOS DE LINHAS.....	56
4.2.1 Técnica do meio bloco.....	57
4.2.2 Técnica do cordeamento.....	61
4.3 SALA DE RISCO.....	65
4.3.1 Gabaritos das cavernas.....	68
4.4 ETAPAS DE PROJETO DE ACORDO COM OS CONSTRUTORES NAVAIS.....	69
4.5 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ADOTADOS PELOS CONSTRUTORES NAVAIS.....	71
4.5.1 Dimensões Principais.....	71
4.5.2 Geometria dos cascos.....	72
4.5.3 Arranjo.....	73
4.5.4 Estabilidade e distribuição de pesos	75
4.5.5 Seakeeping.....	75
4.5.6 Estrutural.....	77
5. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS.....	81
5.1 DIMENSÕES PRINCIPAIS.....	81
5.2 DESENHO DO CASCO.....	82
5.3 ARRANJO.....	82
5.4 ESTABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE PESOS.....	83
5.5 SEAKEEPING.....	83
5.6 ESTRUTURAL.....	84
5.7 RESISTÊNCIA AO AVANÇO.....	85
5.8 PROPULSÃO E MOTORIZAÇÃO.....	85
6. CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE A.....	94
Anexo A.....	95

Anexo B	96
Anexo C	97

1. INTRODUÇÃO

Itajaí e Navegantes, cidades litorâneas de Santa Catarina, desenvolveram a tradição da construção de embarcações em madeira às margens do rio Itajaí-açu, introduzida desde a sua colonização pelos primeiros habitantes.

Conforme Machado (1979), a construção naval em Itajaí no início do século XX, atendia três grandes mercados: a atividade pesqueira, o porto e a navegação fluvial. As embarcações construídas em madeira para atender o comércio entre portos, até meados de 1940, foram substituídas por navios construídos em aço e a navegação fluvial desapareceu, devido ao surgimento de rodovias. O único setor que a construção de embarcações em madeira atende até os dias atuais é o pesqueiro.

Segundo SINDIPI (2013), os municípios de Itajaí e Navegantes englobam o maior polo pesqueiro industrial do Brasil e são responsáveis por aproximadamente 90% da produção pesqueira do estado de Santa Catarina. A frota pesqueira é dividida por modalidades de pesca e cada categoria é destinada à captura de determinado tipo de pescado. De acordo com Andrade (1998), as principais modalidades de pesca industriais praticadas em Santa Catarina são: cerco, arrasto, emalhe, espinhel e vara e isca viva.

A maioria das frotas destinadas a pesca industrial em Itajaí e Navegantes, segundo Andrade (1998), tem comprimento total entre 13 e 27 metros. E a característica marcante são os cascos construídos em madeira, que são decorrentes da tradição destas cidades, tendo frotas como a de emalhe com 95% dos barcos construídos em madeira ao invés do aço ou plástico reforçado com fibras (FRP).

Na maioria das vezes as embarcações são planejadas e construídas sem projeto de um engenheiro/projetista naval. Os barcos são elaborados pelo conhecimento empírico dos construtores navais, esse conhecimento é a combinação das técnicas herdadas de seus antecessores, da criatividade e da experiência adquirida ao longo da profissão como construtor naval.

De acordo com Scheer (2013), projetar é estabelecer um conjunto de procedimentos e especificações que resultam em algo concreto ou em um conjunto de informações.

As embarcações destinadas a pesca devem atender vários aspectos como: excelente comportamento no mar, garantir segurança aos pescadores a bordo, atender critérios de estabilidade estipulados por normas das autoridades marítimas, respeitar os requisitos propostos pelo armador e entre outros. Portanto autores como Lamb (2003) e Taggart (1980), propõem que o projeto de embarcações seja dividido em etapas distintas, sendo elas:

- Projeto Conceitual;
- Projeto Preliminar;
- Projeto Contratual;
- Projeto Detalhado.

Conforme Lamb (2003) e Taggart (1980), no projeto conceitual acontecem estudos de viabilidade técnica e econômica. Para isto, analisa-se os requisitos do armador, definidos como a missão do navio e seus principais atributos de performance.

No projeto preliminar são definidos o tamanho da embarcação, com suas dimensões e coeficientes de forma, selecionados os principais sistemas, quantificando o desempenho da embarcação, são reduzidos ou eliminados os riscos técnicos, de custo e de tempo, refinados os custos de construção e de operação e desenvolvido um rascunho do que virá a ser a estratégia de construção do produto resultante. (LAMB, 2003).

No estágio de projeto de contrato, entrega-se o conjunto de planos e especificações dos sistemas que fazem parte integrante do documento do contrato de construção naval. Já na última fase do projeto, segundo Taggart (1980), acontece o detalhamento dos planos de construção, para que os funcionários do estaleiro construam a embarcação.

Com o intuito de conhecer as técnicas projetuais utilizadas pelos construtores navais¹ das cidades de Itajaí e Navegantes, adotou-se o uso de entrevistas para registro e assim, compará-las com os métodos e ferramentas desenvolvidas pela engenharia. Para realizar as entrevistas, fez-se visitas aos estaleiros que trabalhassem com a construção e manutenção de pesqueiros. Deste modo, foi possível identificar alguns nomes de construtores navais. Para registro das entrevistas pediu-se o consentimento do entrevistado para gravá-las e dessa maneira manter maior fidelidade e veracidade das informações. Os dados obtidos foram descritos e analisados para atender o objetivo desse trabalho.

¹ Construtor naval, neste caso, é o profissional que exerce a função de projetar a embarcação e de supervisionar a construção.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos a serem atingidos com o presente trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as técnicas projetuais usadas pelos construtores navais das cidades de Itajaí e Navegantes e contrastar com os métodos atuais propostos na engenharia e por normas das autoridades marítimas para o projeto de embarcações pesqueiras.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais construtores navais da região de Itajaí e Navegantes;
- Compreender e descrever as técnicas e métodos usados pelos construtores navais para elaboração do plano de linhas de um pesqueiro;
- Investigar se houve evolução no projeto de embarcações pesqueiras pelos construtores navais nas últimas décadas;
- Comparar os processos de projeto artesanais utilizados pelo construtor naval com os processos de projeto da engenharia naval.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais para a realização desse trabalho. Será descrito sobre as embarcações de pesca, apresentando as principais modalidades de pescas e características das frotas atuantes em Santa Catarina. Etapas de projeto na engenharia para elaboração de um barco pesqueiro. Descrição dos principais métodos e ferramentas usados na engenharia naval para realização do projeto de uma embarcação. Contexto histórico da construção de embarcações em madeira na região. E uma introdução sobre a geometria de uma embarcação.

2.1 EMBARCAÇÕES DE PESCA INDUSTRIAIS

Conforme descrito por Lamb (2003), embarcações de pesca tem a função de capturar peixes, moluscos ou crustáceos de mares, rios ou lagos de maneira eficaz, entregando um produto com qualidade para posterior processamento.

Os barcos de pesca podem ser destinados a pesca artesanal ou industrial. A pesca artesanal é caracterizada por ser praticada em regime familiar e ou por pequenas comunidades, que fazem uso de embarcações de pequeno porte (LINS, 2011). As embarcações pesqueiras artesanais podem ser distinguidas por possuírem até 20 toneladas de registro bruto, geralmente construídas de madeira, com meios de produção mecanizados ou não.

Já a pesca industrial, é, segundo o artigo Art. 8º da Pesca Comercial: “[...] industrial: quando praticada por pessoa física ou jurídica e envolver pescadores profissionais, empregados ou em regime de parceria por cotas-partes, utilizando embarcações de pequeno, médio ou grande porte, com finalidade comercial.” (BRASIL, Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009).

Segundo Dias e Filho (2003), as embarcações pesqueiras industriais possuem mecanização para a sua navegação e para o processo de captura, exemplo são os equipamentos usados no lançamento e recolhimento das redes.

Geralmente o casco das embarcações pesqueiras são construídos em aço, alumínio, madeira ou FRP. A escolha do material é referente aos custos e nos requisitos de construção. A madeira é utilizada em função das suas propriedades, como sua elasticidade, da capacidade de

flutuação e da resistência que oferece. (MARTINS, 2014). O FRP cresceu em aceitação nas últimas décadas, exceto em áreas sujeitas ao gelo marinho. (LAMB, 2003).

Cada espécie de peixe tem um *habitat* particular. Há peixes que possuem hábito de viver no fundo dos oceanos e outros vivem em regiões mais rasas. Devido a isso, há inúmeros tipos de embarcações para se adequar a cada modalidade de pesca. (LAMB, 2003).

Os tópicos 2.1.1 e 2.1.2 apresentam informações sobre a frota e características dos pesqueiros destinados a pesca industrial no estado de Santa Catarina. O assunto a ser tratado é de importância para complementar a pesquisa de fundamentação teórica.

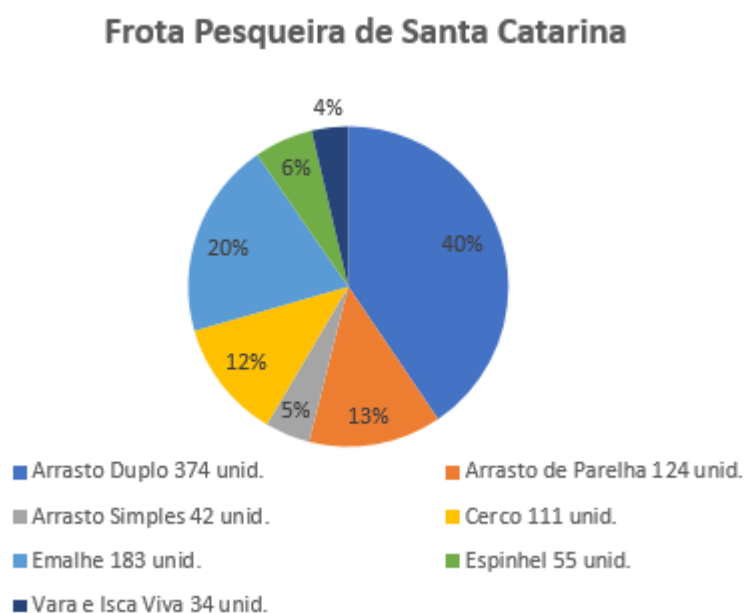
2.1.1 Composição da frota pesqueira de Santa Catarina

De acordo com Andrade (1998), as principais modalidades de pesca industriais praticadas em Santa Catarina são:

- Arrasto de portas único – frota de arrasteiros simples;
- Arrasto de portas com duas embarcações – frota de parelhas;
- Arrasto de portas com tangones – frota de arrasto duplo;
- Rede de emalhar flutuante e de fundo – frota de emalhe;
- Rede de cerco – frota de traineiras;
- Espinhel superficial e de fundo – frota de espinheleiros;
- Vara e isca-viva – frota de vara e isca-viva.

Na Figura 1, mostra-se o gráfico com o percentual de cada frota em relação ao total de barcos destinados a pesca industrial, registrada no estado de Santa Catarina, no ano de 2009.

Figura 1 – Gráfico com o percentual da frota pesqueira em Santa Catarina por modalidades de pesca.



Fonte: Autor, adaptado de GEP (2009).

No diversificado parque pesqueiro industrial catarinense, destacam-se as frotas de traineiras, arrastões duplos destinados a pesca do camarão, parelhas, e emalhe como as mais numerosas. (ANDRADE, 1998).

No ano de 2012, Itajaí e Porto Belo desembarcaram grande parte de sua produção pesqueira utilizando-se do método de cerco, já em Navegantes as técnicas de arrasto duplo e de cerco se destacaram. Sendo assim, em Santa Catarina a frota de cerco é considerada a mais importante e representativa em termos de tonelagem de pescados desembarcados. (BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA INDUSTRIAL DE SANTA CATARINA, 2013).

2.1.2 Características das Embarcações em Santa Catarina

Segundo dados do Registro Geral da Pesca (GEP) (2009), a maior embarcação pesqueira construída em madeira registrada em Itajaí, SC, tem comprimento aproximado de 30 metros e é destinada a pesca de cerco. Já a maior embarcação construída para a atividade da pesca, tem por volta de 42 metros e casco construído em aço. No gráfico da Figura 2, é verificado o comprimento médio para cada modalidade de pesca, independente do material utilizado na construção do casco em Santa Catarina.

Figura 2 – Comprimento médio dos pesqueiros por modalidades de pesca.

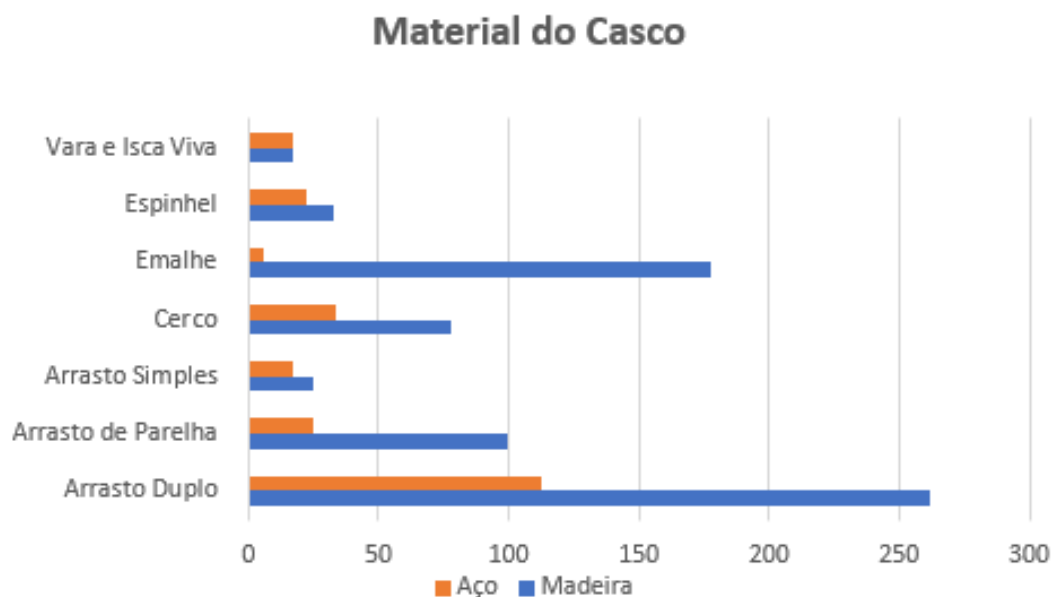


Fonte: Adaptado de GEP (2009).

A maioria das frotas de Santa Catarina, têm embarcações com um comprimento entre 17 e 27 metros. As embarcações dedicadas à modalidade de vara e isca viva, são maiores, podendo chegar à 40 metros de comprimento. (ANDRADE 1998).

As embarcações de pesca industriais podem ser construídas em diferentes materiais. Os mais comuns são madeira, FRP, aço e alumínio. Segundo o GEP (2009), até a data citada, não se verificou nenhum barco de pesca com casco em alumínio ou FRP sendo construído ou em operação em Santa Catarina. No gráfico da Figura 3, é visto a quantidade de embarcações com casco de madeira ou aço por modalidade de pesca, operantes em Santa Catarina.

Figura 3 – Quantidade de embarcações com casco de madeira ou aço por modalidades de pesca.



Fonte: Adaptado de GEP (2009).

Apesar da grande quantidade de embarcações construídas em madeira, a partir da data citada, o material vem deixando de ser empregado na construção de novas embarcações de pesca, devido aos altos valores da madeira e ao maior custo de manutenção (ANDRADE 1998). Outro fator para a redução no uso da madeira está relacionado com a pouca disponibilidade de madeiras nobres no mercado.

2.2 PROJETO DE EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS

Conforme Lamb (2003), a realização do projeto é uma atividade de engenharia, que se inicia com cálculos necessários para o seu desenvolvimento, elabora-se a forma do produto através de desenhos técnicos, define-se a estrutura, seleciona-se os materiais e os componentes empregados, faz-se análises computacionais para predizer o comportamento e, pode-se construir protótipos ou modelos em escala reduzida para realização de teste físicos.

Lamb (2003), é um dos autores que abrange a metodologia de projeto de embarcações, inclusive com capítulo específico sobre embarcações pesqueiras em seu livro, portanto, será adotado como bibliografia principal deste trabalho.

Os barcos de pesca devem atender a alguns aspectos específicos para que o processo seja seguro e efetivo. São eles: (LAMB, 2003).

- Excelente comportamento no mar, para que a pesca seja possível ainda que em más condições climáticas;
- Reduzida vibração e ruído;
- Segurança da tripulação, da própria embarcação, da carga e do meio ambiente;
- Habilidade para encontrar, perseguir e capturar o pescado;
- Capacidade de trazer o pescado a bordo em boas condições;
- Habilidade para processar o pescado no interior da embarcação (em determinados casos);
- Capacidade de manter o pescado em boas condições até o desembarque;
- Meios para descarregar o pescado no porto ou transportá-lo para outra embarcação.

Pelo fato do projeto de uma embarcação ser iterativo e transmuta-se à medida que os resultados são obtidos e analisados, dividi-lo permite que ao final de cada etapa o conhecimento adquirido seja estudado e ou revisto.

2.2.1 Projeto conceitual

Tomando como base a organização proposta por Lamb (2003), no projeto conceitual ocorrem estudos de viabilidade técnica e econômica. Para isto, ocorre o esclarecimento dos requisitos pelo armador, definidos como a missão do navio e seus principais atributos de desempenho (LAMB, 2003).

Taggart (1980), menciona essa etapa como sendo responsável pelos estudos que definirão estimativas para as dimensões principais da embarcação, seu sistema propulsivo, ou um conjunto de alternativas para essas características.

No caso de embarcações pesqueiras, o armador tem uma influência grande em relação ao arranjo da embarcação e *layout* do convés (LAMB, 2003).

Diante dos requisitos do armador e conhecimento da legislação operante no país, ao final da fase de projeto conceitual deve-se conhecer principalmente: (LAMB, 2003).

- A modalidade de pesca que irá ser desempenhada e espécies que serão pescadas;
- Capacidade de carga requerida;
- Raio de operação da embarcação;
- Velocidade de cruzeiro esperada;
- Regras e leis pertinentes na região de operação;
- Número de tripulantes;
- Restrições de projeto, como calado máximo e boca máxima.

A partir de então inicia-se o desenvolvimento da forma do casco e do dimensionamento básico da embarcação, realizando os primeiros rascunhos ou desenhos simplificados. É importante que a equipe de engenharia apresente mais de um conceito ao armador, assim fica a critério do mesmo optar pela opção com melhor custo benefício (LAMB, 2003).

2.2.2 Projeto preliminar

Por ser um processo iterativo, iniciando-se com algumas estimativas conservadoras, onde os resultados vão sendo analisados e modificados até que os requisitos e ou restrições sejam satisfeitos, alguns autores como Lamb (2003), Taggart (1980) e Larsson (2000) utilizam-se de uma ferramenta de projeto, como a espiral de Evans, criada em 1959 por J.H. Evans.

A espiral de Evans é uma representação do projeto que tem como objetivo ilustrar, através da representação gráfica de uma espiral, a sequência iterativa a qual o projeto será desenvolvido. Originalmente é percorrida no sentido anti-horário e é organizada de maneira que os itens a serem analisados no projeto estão sequenciados conforme o seu grau de importância. (EVANS, 1959).

Segundo Evans (1959), a técnica consiste em dar assistência ao processo de pensamento do projeto, de forma a permitir sua solução de forma mais eficiente, por intermédio da execução da análise do produto sob diferentes perspectivas. Na Figura 4 apresenta-se um exemplo da espiral de Evans.

Figura 4 – Espiral de Evans



Fonte: Adaptado de Evans (1959).

No tópico 2.3 será apresentada uma espiral de Evans, elaborada para uma hipotética embarcação pesqueira com as etapas de projetos de maior relevância para esta pesquisa.

Na prática, o processo de projeto pode perder o sequenciamento, o engenheiro pode trocar um passo por outro, na medida em que conhecimento é ganho e problemas são encontrados (LAMB, 2003). O autor, Larsson (2000), destaca que nem todos os pontos da espiral de projeto são calculados em todas as voltas.

Ao final o projeto preliminar espera-se maior quantidade de informações com uma melhor qualidade do que na fase anterior. Os principais resultados esperados no final do projeto preliminar, de acordo com Lamb (2003), são:

- Dimensões principais e formato do casco;
- Definição do arranjo geral da embarcação;
- Arranjo do convés (incluindo os principais equipamentos utilizados na pescaria adotada);
- Projeto da área de armazenagem;
- Projeto da área de processamento (em alguns casos);
- Projeto da praça de máquinas e propulsão;
- Projeto das acomodações e área do comando de navegação;
- Pesos e centros de gravidade;
- Estabilidade;
- Projeto preliminar do estrutural;
- Comportamento no mar.

De acordo com Lamb (2003), os atributos que apresentam menor impacto no projeto final, recomenda-se que seja realizado um conceito base para tais assuntos, apresentando um grau de detalhamento apropriado. Assim, quando tais assuntos forem abordados numa próxima fase de projeto, estes conceitos base podem ser utilizados como um ponto de partida. (LAMB, 2003).

2.2.3 Projeto contratual

Os principais objetivos da fase de projeto de contrato são: (LAMB, 2003).

- Orçar o custo da embarcação para o possível armador;
- Fornecer informações significativas e precisas ao estaleiro em relação ao projeto, para aceitar construir a embarcação.

No estágio de projeto de contrato, entrega-se o conjunto de planos e especificações dos sistemas que fazem parte integrante do documento do contrato de construção naval. (TAGGART, 1980).

De acordo com Lamb (2003), nesta fase o armador e o estaleiro que irá construir a embarcação, entram em acordo com relação aos processos produtivos utilizados na construção, os preços e os prazos de entrega.

A realização da etapa de projeto de contrato, serve para aumentar a quantidade de detalhes e melhorar a precisão do projeto (LAMB, 2003). Isso, por sua vez, permite que o projetista continue avaliando a viabilidade econômica e técnica do projeto, mas com maior precisão, maior confiabilidade e menor risco.

2.2.4 Projeto detalhado

Segundo Taggart (1980), o estágio final do projeto de uma embarcação é o desenvolvimento de planos de trabalho detalhados. Esses planos são instruções de construção e montagem para os funcionários do estaleiro como: caldeireiros, soldadores, montadores, mecânicos, marceneiros e tubuladores.

Lamb (2003), descreve que após a concretização do contrato, cada atributo definido no projeto preliminar é aprofundado com o objetivo efetivo da construção.

Nesta fase, o engenheiro repassa aos funcionários o que deve ser feito. Neste momento, o projeto não deve ser ajustado ou corrigido. Este produto de engenharia deve obter, sem equívocos, o resultado desejado sendo produtivo e operável. (TAGGART, 1980).

2.3 DISCRICÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS VOLTADO PARA UMA EMBARCAÇÃO DE PESCA

Neste tópico será apresentado alguns atributos importantes para o projeto de uma embarcação de pesca, que são analisados de forma iterativa a partir do método da espiral de projeto, conforme, descrito na seção 2.2.2. A proposta é descrever os atributos, de acordo com os métodos e ferramentas usadas na engenharia e critérios segundo as normas de autoridades marítimas. Assim, pode-se compara-las com as técnicas adotadas pelos construtores navais obtidas a partir das entrevistas, que será visto no capítulo 5.

A espiral de Evans da Figura 5, traz os principais atributos a serem analisados no projeto de uma embarcação de pesca, conforme Lamb (2003).

Figura 5 – Espiral de Evans para uma embarcação de pesca.



Fonte: Adaptado de Lamb (2003).

2.3.1 Dimensões principais

Segundo Schneekluth e Bertram (1998), as dimensões principais estão relacionadas há muitas das características da embarcação, como: a estabilidade, a capacidade de carga, resistência ao avanço e eficiência econômica. Assim, determinar as principais dimensões e coeficientes de formas é de fato importante na fase de projeto conceitual. O comprimento, boca, calado e pontal devem ser determinados em primeira análise.

De acordo com Schneekluth e Bertram (1998), as dimensões como, o comprimento da embarcação pode ser determinado a partir de navios semelhantes ou de fórmulas e diagramas, derivados de uma base de dados de embarcações semelhantes. O comprimento resultante então fornece a base para encontrar as outras dimensões principais.

Os seguintes métodos podem ser usados para determinar o comprimento da embarcação em uma primeira estimativa (SCHNEEKLUTH e BERTRAM, 1998):

- Fórmulas derivadas de cálculos de eficiência econômica. (Schneekluth's Fórmula);
- Fórmulas e diagramas baseados nas estatísticas dos navios semelhantes;
- Restrições que limitam, em vez de determinar, a dimensão (exemplo: profundidade do canal).

Conforme Watson (1998), existem relações formadas pelas dimensões principais, as mais relevantes são:

- Comprimento/Boca (L/B);
- Boca/Pontal (B/P);
- Calado/Pontal (T/H);
- Comprimento/Pontal (L/P);
- Comprimento/Calado (L/T);
- Boca/Calado (B/T).

A relação de comprimento/boca para pesqueiros com comprimento até 30 metros, de acordo com Watson (1998), é próximo de 4. Boca/pontal é uma relação que está intimamente relacionada à estabilidade. Os valores de boca/pontal variaram de 1,5 para grandes navios mercantes e 1,8 para pequenos navios, como pesqueiros, garantindo adequada estabilidade. (WATSON, 1998).

A Tabela 1, apresenta um quadro que resume os principais efeitos sobre os custos de construção e operação, respectivamente nas relações das dimensões principais, quando analisado para um mesmo deslocamento.

Tabela 1 – Otimização das principais dimensões.

	Custos		Custo Operacional
	Casco	Maquinário	
Aumentar o comprimento	Maneira mais cara para aumentar o volume, aumento do custo	Reduz a potência a ser instalada e o custo	Reduz consumo de combustível
Aumentar a boca	Aumenta o custo (menos do que aumentar o comprimento). Facilita o aumento do Pontal, melhorando a estabilidade	Aumenta a potência a ser instalada e o custo	Aumenta
Aumentar pontal ou calado	São as dimensões mais baratas para se aumentar na construção	Reduz a potência a ser instalada e o custo	Reduz

Fonte: Adaptado de Watson (1998).

Relacionado as principais dimensões da embarcação, ainda há os coeficientes de forma que, segundo Dokkum (2003), são valores adimensionais que exprimem a relação entre as diversas áreas e volumes da carena com as áreas e volumes das figuras planas ou sólidas circunscritas, e têm grande utilidade para o projeto da embarcação, pois definem a forma do casco e de suas seções.

Um dos principais coeficientes de forma é o coeficiente de bloco, de acordo com Schneekluth e Bertram (1998), é a relação entre o volume deslocado (∇) e o volume do paralelepípedo ($L_{wl} \times B_{wl} \times T$).

Conforme Schneekluth e Bertram (1998) e Watson (1998), o coeficiente de bloco é um parâmetro que afeta a capacidade de carga e a potência necessária do motor para alcançar a velocidade de serviço. Um coeficiente de bloco (CB) elevado faz aumentar a capacidade de carga, mas também aumenta a resistência ao avanço e conseqüentemente o consumo de combustível do motor. Desta maneira, é importante escolher o valor do CB ainda na fase preliminar do projeto.

2.3.2 Forma

Segundo Watson (1998), a forma do casco de uma embarcação, tem que respeitar a muitos objetivos diferentes, como:

- Deslocamento requerido no calado de carga;
- Espaço no compartimento de cargas e volume necessário nos tanques de combustíveis e água;
- Espaço no convés para acomodar todos os equipamentos;
- Recursos para minimizar os requisitos de baixa resistência ao avanço, boa eficiência do casco e capacidade de acomodar o hélice com folgas para reduzir a vibração;
- Características favoráveis à um bom seakeeping e boa manobrabilidade;
- Se possível as linhas do casco devem ser feitas gentilmente e de forma harmoniosa.

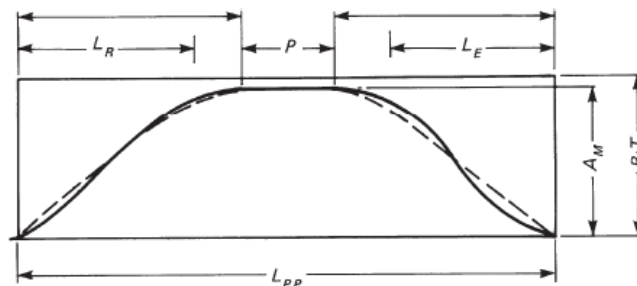
Conforme Lamb (2003), a forma do casco de um barco de pesca deve atender às seguintes exigências:

- Baixa resistência ao avanço;
- Excelente *seakeeping*;
- Excelente manobrabilidade;
- Fácil construção;
- Acomodar todos os sistemas necessários.

Restringindo as dimensões principais, como: comprimento, boca, calado e coeficiente de bloco, de acordo com Schneekluth e Bertram (1998), tem-se pouca liberdade em desenhar as linhas do casco. No entanto, organizando a distribuição do deslocamento ao longo do comprimento do navio, ou seja, a forma da curva da área seccional, como mostra-se na Figura 6 e a escolha do coeficiente da seção mestra, haverá maior liberdade em moldar as extremidades do navio, também pode haver alteração do centro de flutuação longitudinal (LCB). Estes pontos devem receber atenção especial:

- Perfil da proa;
- Perfil da popa;
- Forma da seção na proa.

Figura 6 – Exemplo de curvas de área seccional, com os mesmos parâmetros principais.



Fonte: Schneekluth e Bertram (1998).

Sendo:

- A_M – área da seção mestra;
- B – boca;
- T – calado;
- L_{pp} – comprimento entre perpendiculares;
- L_R – comprimento em relação a popa;

- LE – comprimento em relação a proa;
- P – comprimento do corpo médio paralelo.

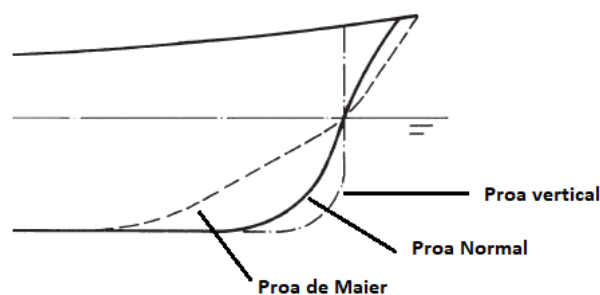
As próximas seções tratam-se dos assuntos abordados acima, de maneira mais detalhada.

2.3.2.1 Perfil da proa

A primeira decisão a ser tomada em relação a proa, segundo Watson (1998), é se usará uma proa simples ou com bulbo. A proa simples tem menor custo de construção e apenas adota-se o bulbo se a resistência ao avanço diminuir e assim, aumentar a velocidade de cruzeiro ou reduzir a potência necessária e com isso o consumo de combustível.

Conforme Schneekluth e Bertram (1998), a proa normal, foi desenvolvida a partir de uma roda de proa vertical. A roda de proa vertical foi usada pela primeira vez em 1840 nos Estados Unidos, de onde a ideia rapidamente se espalhou para outras partes do mundo. Esta forma permanece convencional até a década de 1930, quando se tornou mais inclinada tanto acima quanto abaixo da linha d'água, conhecida como a proa de Maier, usada na década de 1930. Na Figura 7, identifica-se os tipos de proa não bulbosas.

Figura 7 – Tipos de proas não bulbosas.



Fonte: Bertram e Schneekluth (1998).

A proa normal, com roda de proa inclinada oferecem as seguintes vantagens:

- Efeito no desvio da água;
- Aumento da reserva de flutuabilidade;
- Maior proteção em colisões frontal;

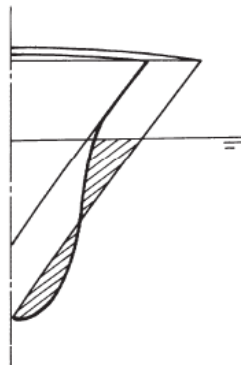
- Mais atraente esteticamente.

Atualmente a proa bulbosa é empregada na maioria dos navios modernos de carga marítima, conforme Schneekluth e Bertram (1998), experimentos comparativos mostram que um navio dotado de uma proa bulbosa pode exigir menos potência necessária e ter características de resistência consideravelmente melhores do que o mesmo navio sem o bulbo.

2.3.2.2 Forma das seções na proa

Para caracterizar o formato da seção, as letras U e V são usadas correspondendo à analogia da forma. Compara-se, uma seção U com uma seção V. Nesta análise, ambos têm a mesma área seccional abaixo da linha d'água, isto é, satisfazem a mesma curva da área seccional, e o mesmo ângulo de *flare* no nível do convés. Conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Formas de seção da proa em U e V sendo comparadas.



Fonte: Schneekluth e Bertram (1998).

Vantagens das seções da proa em V, quando comparadas com as seções em U, para um mesmo deslocamento e calado, de acordo com, Schneekluth e Bertram (1998):

- Menor área molhada;
- Superfície menos curva, construção mais barata;
- Melhor capacidade de navegação devido a maior reserva de flutuabilidade e diminuição dos efeitos de *slamming* (impacto do casco na proa, ao reentrar na água);
- Maior área de convés na proa;
- Resistência ao avanço menor do que para as seções em U.

2.3.2.3 Perfil da popa

Os seguintes critérios governam a escolha da forma da popa, segundo Schneekluth Bertram (1998) e Watson (1998):

- Baixa resistência;
- Interação com a propulsão, sendo a entrada uniforme de água para o hélice;
- Evitar vibrações do hélice;
- Fornecer um bom fluxo do fluido para o leme, garantindo boa manobrabilidade.

No desenvolvimento da popa para embarcações de carga, Schneekluth e Bertram (1998), propõe que devesse ser feita uma distinção entre as características da forma superior e as da parte submersa da embarcação. A parte superior da popa da embarcação se desenvolveu nas etapas seguintes. Na Figura 9 são ilustrados os tipos de popa adotados em pesqueiros e navios mercantes.

Figura 9 – Tipos de popas adotadas em pesqueiros.



Fonte: Sánchez (2011).

A popa elíptica, segundo Schneekluth e Bertram (1998), antes de 1930, era a popa convencional para navios de carga. Já a popa cruzador, surgiu na segunda metade do século XIX em navios de guerra, de acordo Schneekluth e Bertram (1998), a popa cruzador obteve melhores características de resistência ao avanço do que a popa elíptica e, conseqüentemente, encontrou aplicação generalizada em navios de carga.

A popa *transom* foi elaborada a partir da popa cruzador. O desenvolvimento posterior da popa cruzador é afetado pelo corte de sua porção mais à ré. Esta forma foi introduzida apenas para simplificar a construção. Segundo Eyres (2012), a popa *transom*, que pode estar acima da

linha d'água ou imersa, apesar de ter menos eficiência hidrodinâmica, apresenta maior área no convés e tem uma construção mais simples, sendo o tipo mais utilizado atualmente.

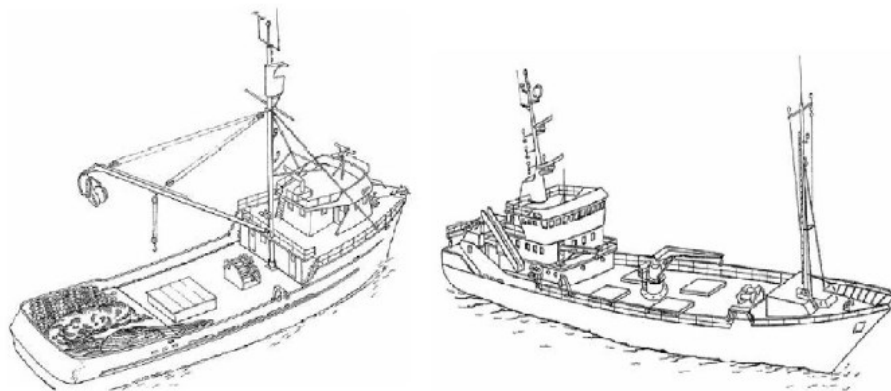
2.3.3 Arranjo de convés

Conforme Lamb (2003), a pesca é uma profissão difícil e caracterizada pelo trabalho pesado realizado no convés e muitas vezes a pesca acontece em situações de mar hostis. Normalmente a captura só para, quando os peixes sofrem danos inaceitáveis devido aos movimentos severos da embarcação. Em vista disso, muita atenção deve ser dada à disposição dos equipamentos de convés durante o projeto.

Segundo Lamb (2003), o armador ou o próprio pescador têm uma influência muito grande no arranjo do convés e é de relevância que o escritório de engenharia ou estaleiro avalie e atribua essas exigências ao projeto.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentos e Agricultura (FAO), existem dois arranjos básicos diferentes para as embarcações de pesca, que dependem da origem histórica das mesmas. Os pesqueiros podem apresentar a superestrutura situada mais a proa ou entre a meia nau e a popa. Na Figura 10 ilustram-se ambos os casos.

Figura 10 – Localização da superestrutura.



Fonte: FAO (2016).

Em grande parte, o método de pesca utilizado determina o arranjo do convés. Para cada modalidade de pesca adotam-se diferentes arranjos, variando conforme disposição das redes e equipamentos adotados na pesca.

Há várias disposições para os equipamento de convés, por exemplo os arrastões tem guinchos de arrasto para manuseio e armazenamento dos cabos de reboque. Já as embarcações

destinadas a pesca de cerco geralmente, possuem *power block* ou rolo *triplex* para recolhimento ou lançamento da rede, respectivamente.

Lamb (2003), cita que deve haver espaço suficiente no convés para acomodar os equipamentos de pesca utilizados. As redes de pesca são frequentemente armazenadas no convés.

Também deve ser dada atenção a segurança, Lamb (2003), menciona que cabos utilizados na captura do pescado, devem se manter fora do convés ou colocados sob proteção e removíveis para manutenção, cobrindo-os tanto quanto possível e fora da área de trabalho da tripulação, isto é, acima de suas cabeças, abaixo de seus pés ou nas laterais deles. Ao fazer isso, a segurança da tripulação é aumentada e menos acidentes ocorrerão a bordo.

2.3.4 Arranjo interno (Compartimentação)

Como ponto de partida Watson (1998), descreve que o arranjo interno deve ser acomodado na forma do casco, que foi desenvolvido para atender aos requisitos de porte bruto, capacidade e velocidade estimada. E que leva em consideração as necessidades de estabilidade transversal e longitudinal, *seakeeping* e manobrabilidade. Esses fatores devem receber atenção contínua durante todo o desenvolvimento do arranjo interno.

As divisões para a compartimentação no interior do casco, de acordo com a Normam 01/DPC (2005), deve respeitar um número mínimo de anteparas² estanques na embarcação. Em cascos não metálicos, como os construídos em madeira, os espaços situados abaixo do convés superior destinados ao transporte de carga, acomodações ou reservados às instalações de máquinas, deverão estar separados entre si por intermédio de anteparas retardadoras de alagamento. As anteparas retardadoras tem como objetivo, desacelerar o alagamento da embarcação em caso de avaria no casco abaixo da linha de flutuação.

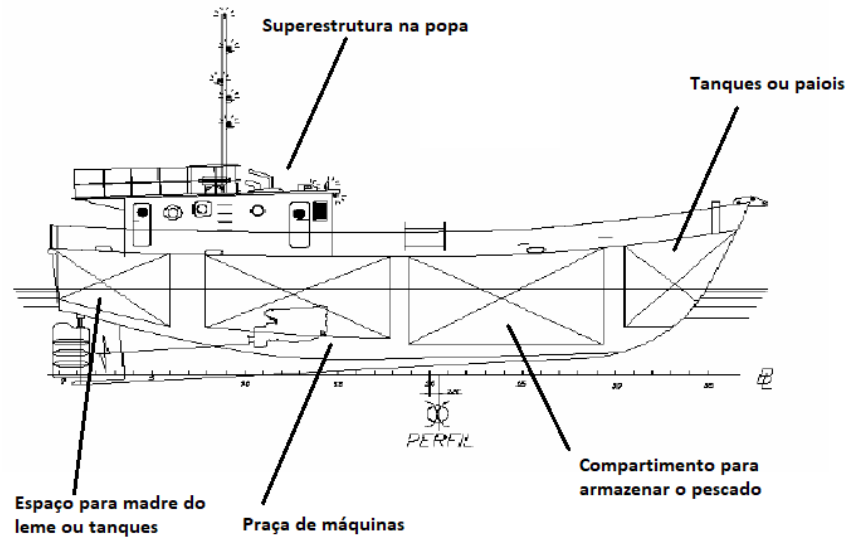
Quanto ao comprimento destes compartimentos, “[...] Nenhum compartimento situado abaixo do convés superior poderá apresentar comprimento superior a 40% do comprimento da embarcação.” (NORMAM 01/DPC, 2005).

Para cascos metálicos, conforme Normam 01/DPC (2005), haverá anteparas de colisão de vante e de ré. As praça de máquinas deverão apresentar anteparas estanques, uma imediatamente avante e outra imediatamente a ré, deste modo, separando esse compartimento dos espaços destinados à carga e acomodações dos tripulantes.

² Em todo o texto, antepara se refere a antepara estanque transversal.

Nas Figuras 11, ilustra-se o arranjo de um pesqueiro com praça de máquinas e superestrutura à ré e na Figura 12, apresenta-se o arranjo de um barco de pesca com praça de máquinas e superestrutura na proa.

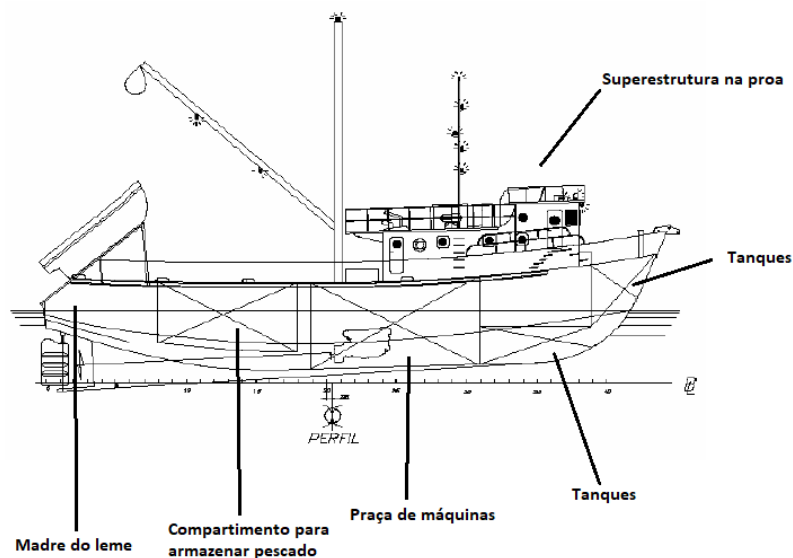
Figura 11 – Arranjo de uma embarcação com superestrutura na popa.



Fonte: Aguiar (2009).

Os dois arranjos são adotados nas embarcações de pesca em Santa Catarina, e a escolha depende da modalidade de pesca e da preferência do armador.

Figura 12 – Arranjo de uma embarcação com superestrutura na proa.



Fonte: Aguiar (2009).

Segundo Lamb (2003), o compartimento que se destina a praça de máquinas da embarcação deve ser projetado levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Segurança, incluindo riscos de incêndio;
- Fluxo de ar, que circula no interior;
- Acesso para operação, inspeção, manutenção, reparo e revisão das máquinas;
- Simplicidade de construção;
- Ruído e vibração.

Nas acomodações, conforme Normam 01/DPC (2005), os corredores de circulação e acesso, deverão apresentar uma largura mínima de 800 milímetros para um comprimento máximo de 10 metros. Já os camarotes devem possuir dimensões mínimas de 1900mm x 1500mm para dois tripulantes contendo um beliche duplo. Os camarotes destinados a mais de quatro tripulantes deverão possuir área mínima de 2,22 m² por pessoa. Nas embarcações de pesca com arqueação bruta até 300, a área mínima deverá ser de 1,5 m² por tripulante.

Na parte de compartimentos sanitários a Norman 01/DPC (2005), determina o número mínimo de aparelhos para os tripulantes da seguinte forma: 1 vaso sanitário para no máximo 8 tripulantes, 1 lavatório para 6 tripulantes e 1 chuveiro para 8 tripulantes.

Já nos compartimentos de carga destinado ao armazenamento dos pescados, conhecido como porões de carga, o peixe não deve ser transportado a granel, portanto o espaço deve ter divisões portáteis, onde o pescado é armazenado.

2.3.5 Pesos e centros

A previsão dos pesos e centros de massa são etapas essenciais no projeto de embarcações (Grubisic, 2009).

Conforme Lamb (2003), o efeito acumulativo de pequenos erros nas estimativas e cálculos dos pesos a bordo, pode levar ao desempenho insatisfatório da embarcação e afetar outros atributos que são dependentes ou influenciados pelo peso e centro de gravidade da embarcação, como:

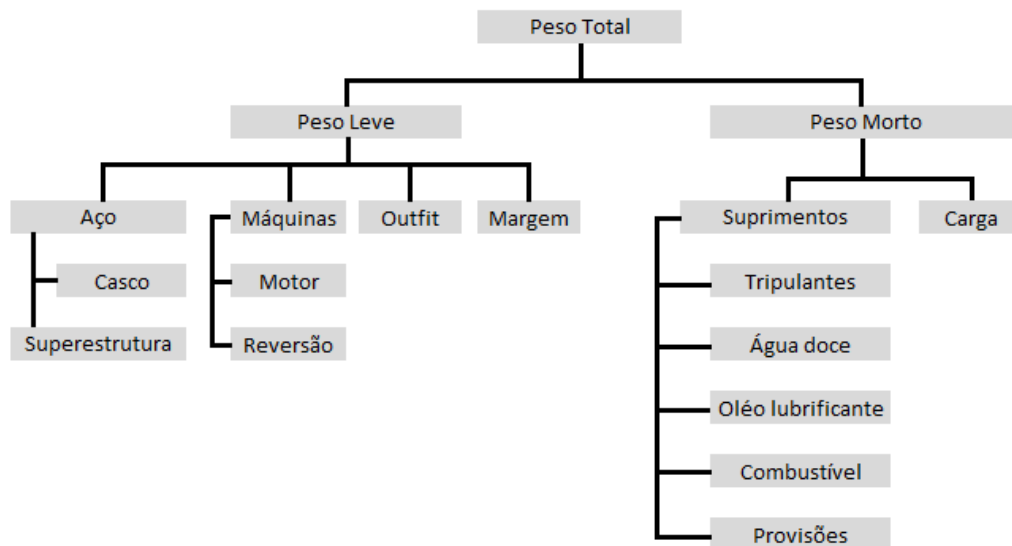
- Forma do casco;
- Estrutural;
- Estabilidade intacta;

- Estabilidade dinâmica;

De acordo com Lamb (2003), a determinação dos valores das massas nos navios decorre à medida que o projeto progride, considera-se como um processo iterativo. Estimativas iniciais obtidas na fase de projeto preliminar, são geralmente oriundas de uma combinação de dados empíricos associados a navios anteriores, dados gerados parametricamente usando navios semelhantes como modelo, o uso de fórmulas de estimativas genéricas e, muitas vezes, palpites conservadores vindo de pessoas experientes.

No decorrer do projeto, após, detalhamento estrutural, escolha de motores e de outros equipamentos auxiliares, a estimativa resultará em valores mais precisos. A divisão dos pesos é representada na Figura 13:

Figura 13 – Divisão dos pesos de uma embarcação.



Fonte: Tancredi (data desconhecida).

O peso leve de um navio é um aspecto extremamente importante na elaboração do projeto, de acordo com Schnekluth e Bertram (1998), tem influência de forma significativa no projeto, como os custos de construção, que dependem fundamentalmente da quantidade de aço utilizada, e as análises de equilíbrio e estabilidade para todas as condições de carregamento consideradas.

Segundo Schnekluth e Bertram (1998), o peso do aço é a quantidade de material processado na fabricação do navio. Isso inclui chapas, seções, peças fundidas, escotilhas, cabeços, lemes e o metal de solda processado.

De acordo com Watson (1998), o peso morto da embarcação, ainda conforme Figura 13, é composto pelo peso de combustíveis e óleo lubrificante, suprimentos, tripulantes, água doce, provisões e a carga embarcada.

Os centros de massas podem afetar a estabilidade longitudinal, ocorrendo uma forte influência no arrasto e no trim da embarcação, e conseqüentemente, no consumo de combustível durante a operação (WATSON 1998).

Segundo Watson (1998), a determinação dos centros, tais como o centro de gravidade, o centro de flutuação e o metacentro são imprescindíveis para que se possa avaliar a estabilidade da embarcação. Para o cálculo exato, é preciso que se conheça o arranjo e a distribuição de cargas na embarcação.

2.3.6 Estabilidade transversal e longitudinal

A estabilidade é imprescindível para garantir que a embarcação navegue de maneira segura nas diversas condições de carregamento possíveis. No Brasil, a embarcação deve atender os requisitos conforme a Normam 01/DPC (2005).

As embarcações de Pesca deverão ter sua estabilidade transversal avaliada para, pelo menos, cada uma das seguintes condições de carregamento:

- (a) condição de partida para as zonas de pesca, totalmente abastecida de gêneros e óleo;
- (b) condição de partida da zona de pesca com captura total e 35% de gêneros e óleo;
- (c) condição de retorno ao porto de origem com captura total, mas com apenas 10% de gêneros e óleo;
- (d) condição de retorno ao porto de origem com apenas 20% da captura total e 10% de gêneros e óleo;
- (e) condição que caracterize o calado máximo permissível da embarcação.

Para cada condição de carregamento os pescadores deverão atender aos seguintes critérios de estabilidade:

- 1) A área sob a Curva de Estabilidade Estática compreendida entre os ângulos de inclinação de 0° e 30° não deverá ser inferior a 0.055 m.rad.

- 2) A área sob a Curva de Estabilidade Estática compreendida entre os ângulos de inclinação de 0° e 40° , ou entre 0° e o ângulo de alagamento (θ_f), caso este seja menor do que 40° , não será inferior a 0.090 m.rad.
- 3) A área sob a Curva de Estabilidade Estática compreendida entre os ângulos de inclinação de 30° e 40° , ou entre 30° e o ângulo de alagamento (θ_f), caso este seja menor do que 40° , não será inferior a 0.030 m.rad.
- 4) O braço de endireitamento correspondente ao ângulo de inclinação de 30° não deverá ser menor do que 0.20 m.
- 5) O braço de endireitamento máximo deverá ocorrer em um ângulo de inclinação maior ou igual a 25° .
- 6) A altura metacêntrica inicial (G_m) não deve ser menor do que 0.35 m.

As condições de carregamento e critérios de avaliação citadas acima, são oriundas da Convenção Internacional de Torremolinos para a Segurança de Embarcações de Pesca, de 1977.

Conforme Lamb (2003), saber como a captura é levada a bordo é de extrema importância para a estabilidade transversal da embarcação. Por exemplo, na pesca de cerco, que no embarque do pescado é usando um sistema, por meio do qual a rede é elevada acima do convés com a ajuda de um guincho hidráulico, exigirá um alto grau de estabilidade da embarcação. Como o peso total da rede está acima do convés, resultará em um aumento na altura do centro de gravidade do navio, e isso deve ser tratado adequadamente pelo fornecimento de um valor adequado de estabilidade inicial (GM) no estágio de projeto da embarcação.

Segundo Barras (2006), o trim é considerado como o equivalente longitudinal do adernamento. Ao invés do trim ser medido em graus, ele é medido pela diferença entre os calados avante e a ré. Se a diferença for igual a zero, diz-se que o navio está com a quilha paralela. Se o calado avante for maior que o calado a ré, diz-se que o navio está com trim de proa ou aproado (BARRAS, 2006).

Conforme Barras et. al. (2006), quando a embarcação estiver com trim, isto causará alterações nos calados avante e a ré, um deles irá aumentar e outro diminuir.

Os momentos de trim são calculados de acordo com Barras (2006), em relação ao centro de flutuação, pois é neste ponto em que ocorre a rotação longitudinal. A ideia do metacentro longitudinal é a mesma do metacentro transversal, porém, a sua posição dependerá da vertical que passa pela posição longitudinal do centro de empuxo.

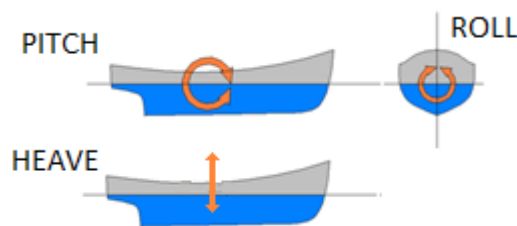
2.3.7 Seakeeping

De acordo com Molland (2008), o termo *seakeeping*, refere-se a todos os aspectos que afetam a capacidade da embarcação de permanecer no mar, em quaisquer condições.

Outros autores como Tupper (2004), cita que “[...] o termo *seakeeping* envolve todos os aspectos de uma embarcação que influenciam sua habilidade de manter-se no mar em todas as condições possíveis, para as quais tenha sido projetada, e dar prosseguimento a sua missão”.

Segundo Watson (1998), pescadores estão sujeitos a operar nas mais diversas condições de mares, já que a rota é estipulada de acordo com a localização do pescado e podem enfrentar as seguintes situações: entrada de água no convés, movimentos de *pitch*, *roll* e *heave*, e ações de *slamming*. Na Figura 14, apresentam-se os principais graus de liberdade de uma embarcação que estão relacionados com o atributo de *seakeeping*.

Figura 14 – Movimentos de *pitch*, *roll* e *heave*.



Fonte: Sname (1989).

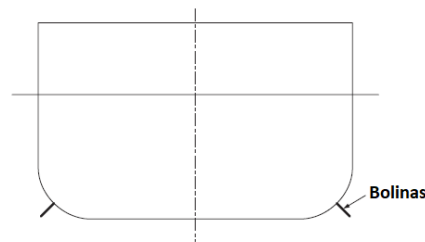
Os movimentos em amplitudes excessivas são indesejáveis. Molland (2008), descreve que os movimentos em excesso tornam as tarefas a bordo perigosas ou impossíveis, assim, reduzindo-se a eficiência e o conforto da tripulação.

De acordo com Blanke e Perez (2012), *heave* é o movimento vertical da embarcação movendo-se para cima e para baixo. O rebaixamento excessivo pode inundar a embarcação.

O movimento de rotação transversal da embarcação é denominado *roll*, conforme Blanke e Perez (2012), afeta o desempenho dos navios, limitando a produtividade da tripulação e a operação do equipamento a bordo.

Uma das formas de amenizar os movimentos de *roll*, é adoção de sistemas passivos de amortização, onde não há fonte separada de energia ou controle, tais sistemas usam o próprio movimento para criar momentos de oposição ou amortecimento. Uma delas é o uso de bolinas laterais, como ilustrado na Figura 15. Apesar de acrescentar na resistência ao avanço, por ser um apêndice no casco, é compensada pela redução do movimento de *roll*.

Figura 15 - Bolinas.



Fonte: Molland (2008).

As bolinas, de acordo com Molland (2008), são na prática simples e fáceis de empregar-se e poucos navios não se adequam ao seu uso. As bolinas geralmente, se estendem da metade para dois terços do comprimento da embarcação. Em comparação com um navio não equipado, as bolinas podem produzir uma redução da amplitude de *roll* de 35% ou mais. As bolinas são cuidadosamente alinhadas com o fluxo ao redor do casco em águas calmas, de modo a reduzir sua resistência ao avanço. Infelizmente, quando o navio está sobre o efeito do *roll* as bolinas não estão mais alinhadas com o fluxo de água e podem levar a aumentos significativos na resistência. Por esta razão, grandes navios podem ser equipados com um sistema estabilizador de tanques e dispensar as bolinas.

Os movimentos de *pitching* da embarcação são determinados, segundo Watson (1998), principalmente pelo tamanho do navio e pelo momento longitudinal de inércia. Consiste no movimento de rotação longitudinal, enquanto a proa ergue-se, a popa abaixa e vice versa.

De acordo com Watson (1998), o uso de seções com *flare* acentuado minimizam a entrada de água no convés, porém aumenta o *pitching*. O uso de uma proa bulbosa diminui o *pitching* devido ao aumento da flutuabilidade, porém aumenta o *slamming*.

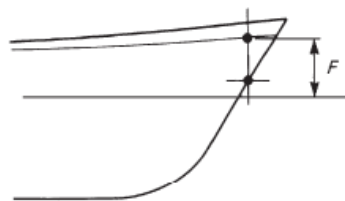
Já o *slamming*, conforme Bertram (2012), ocorre normalmente em mares revoltos, e consiste nas forças de impacto causadas pela reentrada da embarcação na água. Às vezes, os navios sofrem danos locais causados pela carga de impacto ou acontece flambagem no convés. Assim, esses impactos constantes podem ameaçar a segurança das embarcações.

Para Watson (1998), o *slamming* é ocasionado devido ao impacto do casco ao reentrar na água. As maneiras de suavizar os efeitos de *slamming*, já que é impossível parar o movimento de saída e reentrada na água, a melhor forma é garantir que o casco reentre suave, portanto deve-se adotar um fundo com forma em V na região que é afetada, funcionando como uma faca, facilitando a reentrada.

Outro fator decorrente dos movimentos da embarcação é a quantidade de água embarcada no convés ou lançada sobre o castelo de proa. Ambas as condições são indesejáveis e podem ser diminuídas aumentando a borda livre.

Segundo a Norman 01/DPC (2005), embarcações destinadas à pesca, se enquadram como embarcações não SOLAS, portanto, devem respeitar uma altura mínima de proa, conforme Figura 16 e um valor mínimo de borda livre. No Anexo A está presente os cálculos, conforme Norman 01/DPC (2005).

Figura 16 – Altura da proa.



Fonte: Schneekluth e Bertram (1998).

2.3.8 Resistência ao avanço

Conforme Manen e Oossanen (1988), a resistência ao avanço de uma embarcação é dependente da forma do casco, particularmente das suas obras-vivas, ou seja, da parte que se encontra em contato direto com a água. A resistência do ar que age sobre a superestrutura e costado da embarcação, é mínima comparada com a resistência originada da parte submersa do casco. (HAMMIT, 1975).

Quando uma embarcação se desloca na água, uma força que se opõe a esse movimento é criada. Essa força é chamada de resistência ou arrasto. Para uma embarcação com casco deslocante a resistência divide-se em três tipos principais que podem ser subdivididos em outros mais específicos, conforme a necessidade do estudo realizado. Os três principais são: (HAMMIT, 1975).

- Resistência Viscosa;
- Resistência de Atrito;
- Resistência do Ar.

Uma das maneiras de se fazer uma estima precisa da resistência ao avanço é através de ensaios com modelos reduzidos em tanques de prova. Entretanto esse procedimento demanda um tempo considerável e o custo é elevado, tornando-se inviável na maioria das situações. Segundo Sindarpa e Sindarma (1988), mesmo quando o ensaio em tanque de provas se mostra como alternativa viável, não é utilizável como ensaio preliminar, mas sim em fases avançadas do projeto.

Na fase conceitual do projeto são empregados métodos simples e empíricos que requerem apenas alguns parâmetros. Tais métodos são considerados como aproximações aceitáveis. Os principais métodos, segundo Bertram (2000), são:

- Embarcação Semelhante, como o método de Almirantado;
- Séries Sistemáticas, como a Série de Taylor e Série 60;
- Análise de Regressão, como o método de Van Oortmerssen (1971).

A análise através de embarcação semelhante produz uma boa estimativa, porém a embarcação semelhante deve ser próxima o suficiente da embarcação estudada em termos de propriedades geométricas e parâmetros de velocidade. (BERTRAM, 2000).

A análise através de séries sistemáticas exige que a embarcação estudada se identifique com o modelo da série em alguns aspectos (BERTRAM, 2000).

Alguns métodos de análise de regressão também estão desatualizados. Através desses métodos o formato do casco é representado por poucos parâmetros globais, como: comprimento da linha d'água, volume, relações de comprimento/boca, boca/calado, coeficiente prismático coeficiente da seção mestra. Portanto o seu resultado limita-se a uma predição global, mas que é aceitável para estimativas preliminares de projeto. (BERTRAM, 2000).

Outra forma de se obter a resistência ao avanço é por meio de *Computational Fluid Dynamic* (CFD). A análise por CFD fornece resultados com boa margem de precisão, além de simular o fluxo da água em torno da forma do casco.

2.3.9 Sistema propulsivo

Depois da estimativa de resistência ao avanço, o dimensionamento e seleção de um propulsor são necessários. Toda embarcação precisa de um propulsor adequado para sua função. De acordo com Molland (2011), a função do propulsor é gerar a força propulsiva, colocando a embarcação em movimento.

Segundo Trindade (2012), o hélice é colocado tradicionalmente na popa do navio. Usa-se normalmente um hélice em embarcações de pesca e posiciona-se na linha central da embarcação.

Conforme Trindade (2012), a escolha do hélice é desenvolvido a partir de séries sistemáticas, que são obtidos a partir de ensaios com modelos, cujos parâmetros geométricos e de operação são variados sistematicamente. O resultado obtido a partir dos ensaios permite criar uma base de dados para auxiliar o projetista na seleção do hélice, além de em alguns casos, identificar a ocorrência de cavitação.

No cálculo do hélice procura-se a otimização das principais variáveis como: número e área das pás, diâmetro, rotação e passo. Deste modo, tenta-se conciliar no projeto do propulsor um bom rendimento em todas as condições de carga do navio.

2.3.10 Motorização

Segundo Watson (1998), a maioria dos navios mercantes adotam motores a diesel, assim, como embarcações destinadas a pesca. Motores a diesel possuem uma eficiência térmica em torno de 30% e tem a capacidade de consumir combustíveis menos refinados.

A escolha do motor principal, conforme Trindade (2012), é realizada a partir do conhecimento da potência necessária a ser entregue ao hélice, calculada depois do dimensionamento do propulsor. De acordo com Molland (2011), após calculada a potência, os parâmetros como custo inicial, consumo de combustível, níveis de ruído e vibração, manutenção, quantidade de emissão de gases poluentes, peso e rotação da máquina propulsora devem ser avaliados, para encontrar o modelo de motor ideal.

Conforme Man (2010), a embarcação nem sempre vai operar em condições de mar calmo e o seu casco vai apresentar um maior nível de rugosidade com o passar do tempo. Para situações de mar agitado e casco mais rugoso ou encrustado são acrescentados de 15% até 30% de margem na potência instalada. O motor deve operar em uma condição menor do que sua operação máxima. Então, é acrescentada a margem de motor na potência instalada total, ou seja, a embarcação vai operar com 90% ou 85% de sua capacidade máxima em condições de projeto.

2.3.11 Estrutural

O projeto estrutural tem como principal objetivo, segundo Watson (1998), a concepção de uma estrutura que resista a todas as cargas que atuem sobre ela. As mais importantes são: os

momentos de flexão e as forças de cisalhamento que se originam das ondas que o navio encontra e do carregamento aplicado pela carga transportada. Como a estrutura deve continuar a atender a essas forças durante toda a vida do navio, o dimensionamento da estrutura deve incluir margens para a corrosão e desgaste que podem ser esperados.

Existem basicamente duas formas para realizar análise e projeto da estrutura do navio. O primeiro e mais antigo, é chamado de: baseado em regras, no caso são regras definidas pelas sociedades classificadoras. (Hughes apud Lamb, 2003, p. 471), afirma que no passado, o projeto estrutural de navios era em grande parte empírico, baseado na experiência acumulada e no desempenho do navio, e expresso na forma de códigos ou regras de projeto estrutural publicados pelas várias sociedades de classificação de navios.

Segundo Hughes (apud Lamb, 2003, p. 471), [...] “essas regras dizem respeito às cargas, à resistência e aos critérios de projeto e fornecem fórmulas simplificadas e fáceis de usar para as dimensões estruturais, ou “escantilhões” de um navio”. Essa abordagem economiza tempo no escritório de design e, como o navio deve obter a aprovação de uma sociedade classificadora, também economiza tempo no processo de aprovação.

A segunda forma é intitulada com projeto estrutural racional, de acordo com Lamb (2003), consiste na análise direta do problema através das cargas envolvidas, utilizando-se de teorias da mecânica dos materiais e de algumas simplificações.

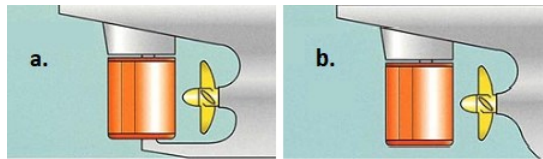
2.3.12 Sistema de governo

O sistema de governo está interligado com a manobrabilidade da embarcação. Segundo Watson (1998), o requisito de manobrabilidade varia com o tipo de embarcação e o serviço pretendido. Embora, todos os navios devam ter um padrão mínimo razoável, em alguns casos o desempenho deve ser mais alto, como os pesqueiros que se destinam à pesca de cerco.

Neves (data desconhecida), cita que a manobrabilidade é uma das muitas áreas técnicas, que contribuem para a grande complexidade envolvida no projeto de embarcações. As demandas do projetista passam por estabelecer procedimentos e critérios para que a embarcação seja capaz de operar com eficiência e segurança em diferentes condições operacionais.

Na maioria das embarcações com único hélice, como ilustrado na Figura 17, a capacidade de manobra é fornecida por um leme, posicionado na linha central, operando atrás do hélice. O desempenho é em grande parte uma função da área do leme e sua relação com área lateral submersa da embarcação (comprimento x calado), que fornece uma medida aproximada da resistência do navio ao giro.

Figura 17 – Tipos de leme.



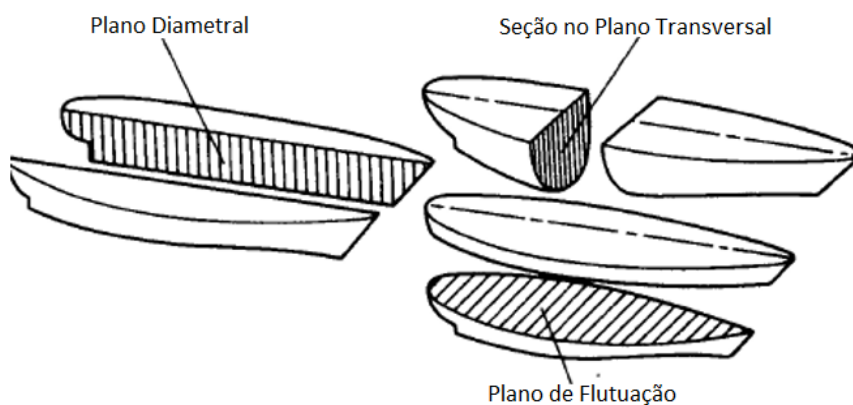
Fonte: Omodaka (2010).

Na Figura 17.a é ilustrado um leme do tipo *simplex*, antigamente era o tipo de leme mais construído. A quilha que se prolonga para fazer o encaixe do leme, deve ter uma largura considerável para suportar as forças horizontais. Segundo Watson (1998), a separação do fluxo na extremidade da quilha aumenta a resistência e a não homogeneidade do campo da esteira no plano do hélice, o que, por sua vez, aumenta as vibrações induzidas pelo propulsor. Portanto, os navios modernos que adotam um único hélice, são geralmente equipados com outros tipos de leme como o da Figura 17.b, mas o leme *simplex* é popular para pequenas embarcações como pesqueiros, devido ao baixo custo de construção.

2.4 INTRODUÇÃO A GEOMETRIA DAS EMBARCAÇÕES

Conforme Rawson e Tupper (2001), uma característica geométrica na maioria das embarcações é possuírem no casco um plano de simetria, este plano chama-se plano diametral e passa pela quilha, conforme a Figura 23.

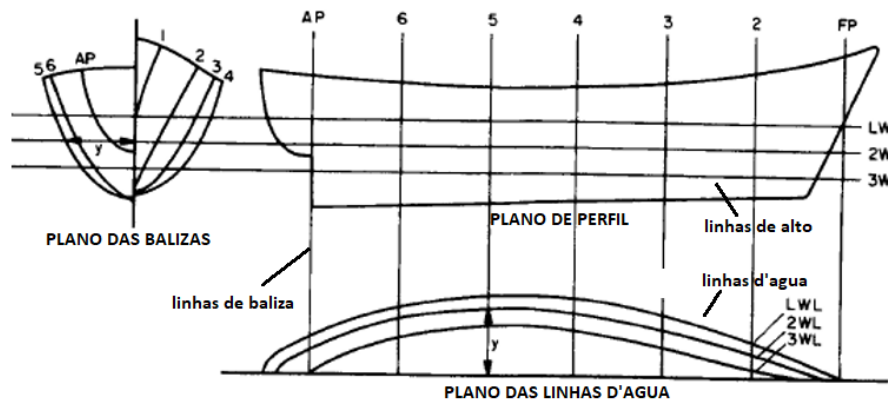
Figura 23 – Planos do casco.



Fonte: Rawson e Tupper (2001).

Segundo Fonseca (2002), o plano diametral é perpendicular ao plano de flutuação e é a origem para todas as distâncias transversais horizontais. Já o plano transversal é perpendicular ao plano diametral e ao de flutuação e localiza-se a meio comprimento do navio, como ilustrado na Figura 23.

Figura 24 – Desenho de linhas.



Fonte: Rawson e Tupper (2001).

No desenho de linhas encontram-se as seguintes linhas de referência: (FONSECA, 2002).

- Linha de base (LB) – É a interseção do plano da linha de base por qualquer dos outros dois planos de referência;
- Linha de centro (LC) – É a interseção do plano diametral por qualquer plano horizontal ou por qualquer plano vertical transversal, sendo uma linha de simetria em uma seção horizontal ou numa seção transversal do casco;
- Linha de tosado – Representa a linha de convés à borda, sendo uma curvatura que apresenta a cinta de um navio;

Ainda presente no desenho de linhas encontra-se as linhas d'água (LA), linhas de alto e linhas de balizas: (FONSECA, 2002).

- Linhas d'água (LA) – Interseções do casco por planos horizontais. Elas aparecem em verdadeira grandeza no plano das linhas d'água, conforme Figura 24 e são usualmente denominadas de acordo com sua altura acima do plano da base;

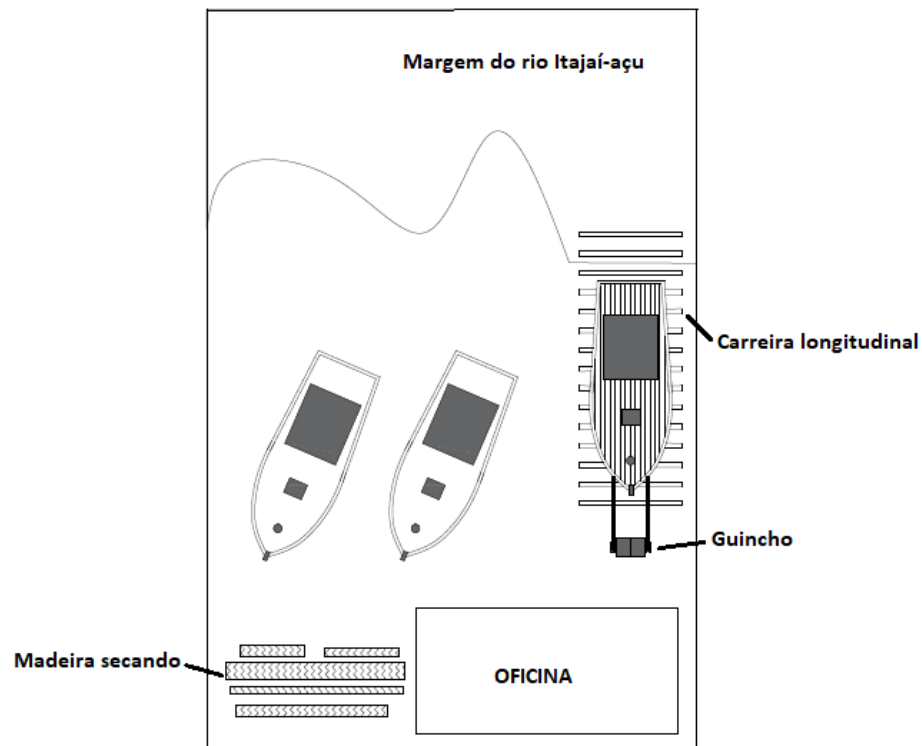
- Linhas de alto – Interseções do casco por planos verticais longitudinais ou planos do alto. Elas aparecem em verdadeira grandeza no plano das linhas do alto e são denominadas de acordo com seu afastamento do plano diametral. Estas linhas são espaçadas igualmente, a partir do plano diametral, que determina a linha do zero;
- Linhas de baliza – Interseções do casco por planos verticais transversais. Elas aparecem em verdadeira grandeza no plano das balizas. A linha de base é dividida em partes iguais, conforme o espaçamento de cavernas adotado. O plano de balizas mostra o corpo de proa à direita da (LC) e o corpo de popa à esquerda. (FONSECA 2002).

2.5 CONTEXTO HISTÓRICO DAS EMBARCAÇÕES CONSTRUIDAS EM MADEIRA EM ITAJAÍ E NAVEGANTES

A construção de embarcações em madeira é uma atividade tradicional, que remonta desde os anos das fundações de Itajaí e Navegantes e que segue sendo desenvolvida até os dias atuais nestas cidades litorâneas de Santa Catarina. No entanto, o único setor que a construção de embarcações em madeira atende até os dias atuais é o pescueiro. Além, do serviço constante de reparos e reformas, oferecidos pelos estaleiros da região. (MACHADO 1979).

Os estaleiros do início do século XX, possuíam características em comuns, de acordo com Silva (apud MACHADO, 1979, p. 63), [...] “todos situavam-se em um terreno próximo as margens do rio Itajaí-açu, possuíam um galpão que funcionava como oficina e tinham uma ou mais carreiras construídas em madeira para lançamento longitudinal das embarcações”. A Figura 18 ilustra o *layout* de um estaleiro típico. Nos dias atuais os estaleiros mantêm o *layout* do século passado.

Figura 18 – *Layout* de um estaleiro tradicional da região de Itajaí-SC.



Fonte: Autor (2018).

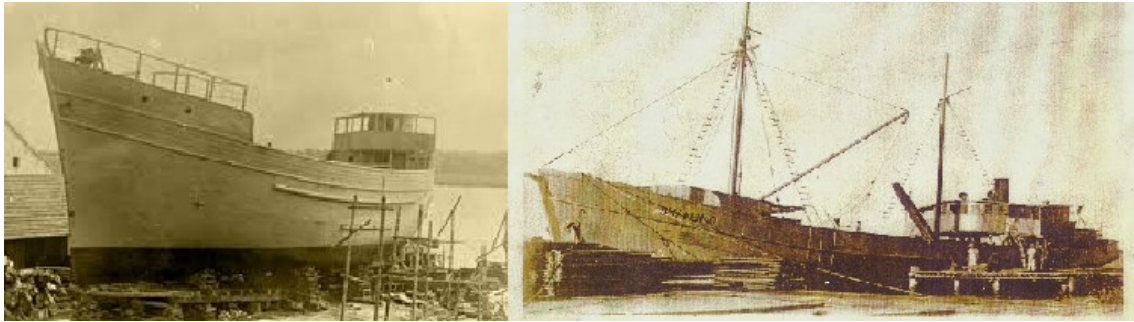
O processo de projeto do barco nestes estaleiros, se inicia a partir do recebimento da encomenda e o fechamento de um contrato. Logo após os acordos contratuais e definidas as dimensões principais, o construtor naval desenhava a embarcação em tamanho reduzido (SAGAZ apud MACHADO, 1979). Se a embarcação tivesse mais de 20 toneladas, a Capitania dos Portos exigia a apresentação deste projeto para fins de registro. Segundo Sagaz (apud MACHADO, 1979, p.62), [...] “Após a confecção do projeto, o construtor desenhava a embarcação em tamanho natural no chão da sala de risco. Em seguida era tirado uma espécie de molde em compensado de madeira”. Com isso então passava-se a fabricação das cavernas, seguindo este gabarito.

Uma das particularidades dos estaleiros de Itajaí e Navegantes é a tradição, que passa de pai para filho. Um exemplo disso é citado por Silva (apud MACHADO, 1979, p.71).

José Inácio da Silva, também conhecido como “Mestre Zé”. Nascido em 1851 em Desterro, atual cidade de Florianópolis, veio estabelecer-se na cidade de Penha e mais tarde em Itajaí. Seu estaleiro situava-se próximo ao rio Itajaí-açu e a sua residência ficava em frente. Era no chão da sala de sua casa, que José Inácio da Silva desenhava a embarcação, em tamanho natural, que ia ser construída. Transformando-a, portanto, em sala de risco. “Mestre Zé” era ao mesmo tempo construtor naval e carpinteiro e preparava a madeira construindo o barco [...]. Dentre os 18 filhos de José Inácio da Silva, o que mais se destacou na construção naval em Itajaí, foi Hildebrando José da Silva, que também era ao mesmo tempo construtor e carpinteiro.

Em entrevista, Silva (apud MACHADO, 1979) cita que Hildebrando construiu os maiores barcos de madeira de Santa Catarina, sendo eles: Brandino, lançado em 1941 com 40 metros de comprimento e 255 toneladas brutas e Ramos II com 50 metros de comprimento e 608 toneladas brutas, conforme Figura 19.

Figura 19 – Embarcação Ramos II à direita e a embarcação Brandino à esquerda.



Fonte: Clube de Itajaí (2013).

A terceira geração da família Silva, é descrita por Ziesemer (apud MACHADO, 1979, p.73).

Hildebrando José da Silva faleceu em 1945. De seus 13 filhos, dois deles seguiram no mesmo ramo de atividades. Ambos se dedicaram a construção naval de madeira, porém, a época dos grandes barcos de madeira já estava acabando e os dois tiveram que se dedicar à construção de pequenas embarcações.

De acordo com Machado (1979), conclui-se que no início do século XX até meados da década de trinta, os estaleiros de Itajaí dispunham apenas da força humana, ferramentas simples e manuais. É explicado por Silva (apud MACHADO, 1979, p.63), [...] “A operação exigia tempo e muita capacidade de trabalho, tanto do carpinteiro como do construtor naval. Apesar disso foram construídas embarcações de até 100 toneladas, para uso na região”.

A partir de 1940, ocorreu um grande crescimento da demanda, provocado pela Segunda Guerra Mundial. De acordo com Machado (1979), os estaleiros se equiparam de máquinas elétricas que facilitaram o trabalho, diminuindo o tempo de construção. Neste período foi construído as maiores embarcações de madeira de Itajaí, atingindo 608 toneladas brutas.

Conforme Machado (1979), o fim da Segunda Guerra Mundial trouxe declínio na procura de mercado. No período de 1946 a 1950, ocorreu uma grande queda na procura por embarcações destinadas a cabotagem construídas em madeira, já que o mercado passou a exigir embarcações de aço. Os estaleiros da época voltaram a construir embarcações de pequeno porte e ofereciam reparos e reformas. (MACHADO, 1979).

Segundo conta Coelho (apud LINDENMEYER, 2014, p. 130), construtor naval da cidade de Navegantes.

A figura de um específico armador, João Antenor foi fundamental para perceber a relação da construção naval em Navegantes com a pesca. Proprietário de uma empresa de pesca em Santos, em 1964, após conhecer a região e observar o crescimento da pesca como atividade econômica da foz do principal rio de Santa Catarina, João se transfere para Itajaí. Sugere, então, a três imigrantes espanhóis que instalem um estaleiro para produzir embarcações para a pesca de cerco. [...]. Esses espanhóis, Jorge Montenegro, Gumercindo Lopes e Ângelo Veiga, ao chegarem em Itajaí preferiram a cidade de Navegantes, recém emancipada, para começar a construir as primeiras traineiras, uma vez que o custo dos terrenos ali era menor.

Conforme Lindenmeyer (2014), carpinteiros e marceneiros locais, aprendiam, na rotina de trabalho, as técnicas para a construção das traineiras. Devido à grande demanda da indústria de pesca, muitos artesões, após dominarem a técnica de construção, saíam dos primeiros estaleiros para começar seus próprios empreendimento. A capacidade técnica de aprendizagem foi fundamental para a multiplicação da atividade. Não só esses estaleiros se dedicavam a construção de embarcações, como também de atividades rotineiras de manutenção. (LINDENMEYER 2014).

De acordo com Lindenmeyer (2014), as características construtivas das pequenas embarcações da carpintaria de ribeira e os resquícios da prática da construção naval para cabotagem em Itajaí, acrescidas, logo após, da técnica importada de carpinteiros espanhóis com experiência em construção de traineiras no porto de Santos, geraram uma soma de conhecimentos e fusão de técnicas que se desenvolveram de um modo particular ao longo dos anos.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o tipo de pesquisa adotado e suas técnicas, para alcançar o objetivo deste trabalho.

Devido à falta de literatura, dados técnicos e documentos sobre o assunto a ser tratado, a busca por informações deu-se por entrevistas, seguindo a metodologia da pesquisa qualitativa tratada pelos autores Flick (2009) e Lakatos e Marconi (2010). Com a bibliografia utilizada sobre pesquisa qualitativa, utilizando-se as ferramentas adequadas a esta modalidade de pesquisa, foi possível conduzir-se, a escolha da amostragem do público alvo, a realização das entrevistas e a compreensão e registro dos dados levantados.

O trabalho é caracterizado por um estudo de caso, com comparação entre os métodos e ferramentas projetuais utilizadas pelos artesãos tradicionais e os disponíveis na engenharia naval para concepção do projeto de uma embarcação de pesca.

3.1 AMOSTRAGEM

Para o levantamento, nesta etapa procurou-se por pessoas, nas cidades de Itajaí e Navegantes, que trabalhassem ou que haviam trabalhado como construtores navais, na elaboração das linhas de casco dos pesqueiros construídos em madeira.

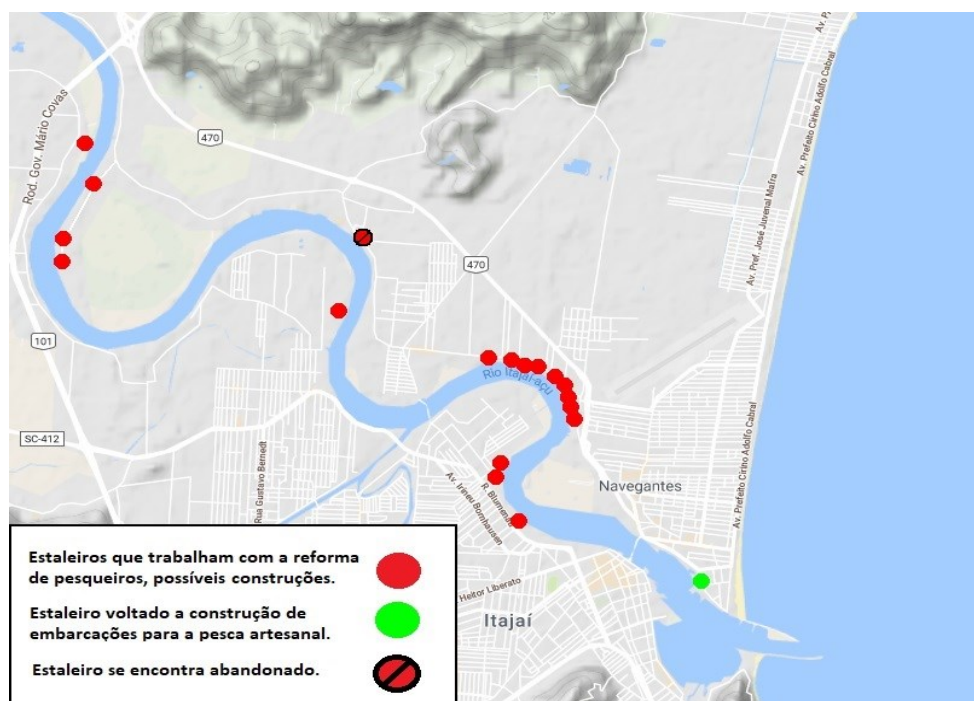
De início, foi produzido um mapa pelo autor, onde sondou-se todos os estaleiros que trabalhassem na construção ou reforma de pesqueiros. Realizou-se de uma pesquisa *online* para obter os endereços dos estaleiros e da observação visual de possíveis estaleiros as margens do rio Itajaí açu, utilizando-se da ferramenta de imagens via satélite do Google Maps, atualizado em 2018. Na Figura 25, apresenta-se o mapa.

Ao realizar as visitas pelos estaleiros da região, notou-se que a maioria se destinava a reformas, reparos e trabalhos de pintura em embarcações construídas em madeira ou aço. Ao indagar os carpinteiros que ali estavam, sobre as técnicas para concepção de linhas de cascos, os mesmos, justificavam que apesar de edificar uma embarcação em madeira, não tinham conhecimento para traçar as linhas e definir o formato do casco. No entanto, alguns nomes de construtores navais foram citados pelos carpinteiros, como de pessoas que tinham o

conhecimento para projetar barcos de pesca na região. Segundo os entrevistados, estes construtores projetaram inúmeras embarcações nas décadas de 1970 e 1980.

A partir das visitas aos estaleiros, percebeu-se que o carpinteiro naval atual ficou restrito às reformas e reparos das embarcações, já que se reduziu a construção de barcos de pesca e os armadores vem optando pela construção em aço. Outros carpinteiros mais antigos, que apesar de terem participado da construção de várias embarcações, não adquiriram conhecimento suficiente para projetar uma embarcação.

Figura 25 – Mapa dos estaleiros.



Fonte: Autor (2018).

A pesquisa para compor a amostragem dos construtores navais projetistas, convergia sempre para os mesmos nomes. Infelizmente alguns dos citados, encontram-se impossibilitados de fornecer informações por motivos de doença ou falecimento. Desta forma, foram encontrados somente dois construtores navais. Eles concederam a entrevista para este trabalho.

3.2 ENTREVISTA

Para a entrevista, elaborou-se um questionário a ser aplicado aos entrevistados, que pode ser encontrado no APÊNDICE A. O questionário serve como um roteiro para a entrevista

semiestruturada. Assim, pode-se explorar amplamente cada questão e cria-se a possibilidade de fazer outros questionamentos que não estavam estruturados no questionário.

Após o planejamento da pesquisa, contatou-se os construtores navais em seus locais de trabalho, no caso, estaleiros localizados na cidade de Navegantes. No primeiro momento, o autor apresentou-se aos entrevistados, explicando a finalidade da pesquisa, seu objetivo e relevância, ressaltando a necessidade de sua colaboração.

Foram realizadas duas entrevistas, devido à baixa amostra encontrada, pelos motivos já explicados. Para registro das entrevistas, pediu-se o consentimento do entrevistado para gravá-las e assim manter-se maior fidelidade das informações. As informações obtidas foram descritas, analisadas e processadas para atender o objetivo desse trabalho.

4. PROCESSOS DE PROJETOS EMPÍRICOS

Nesta seção apresenta-se o método construtivo utilizado pelos construtores navais e carpinteiros. As técnicas para obtenção dos planos de linhas, conforme descrito pelos entrevistados. Cita-se os principais procedimentos projetuais usados pelos construtores navais ao elaborar o barco de pesca.

4.1 TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO

Em Itajaí-SC e Navegantes-SC os cascos de pesqueiros construídos em madeira, dá-se pelo método de *carvel plank* seguido pelo entabuamento simples, ou seja, com apenas uma camada de tábuas para o fechamento do casco.

Conforme Doane (2013), o método *carvel plank* é o método mais tradicional de construir um barco de madeira. A estrutura fundamental é definida por uma quilha, roda de proa, coral, cadaste, rabo de galho e uma série de cavernas. Na Figura 20, mostra-se a forma da estrutura inicial.

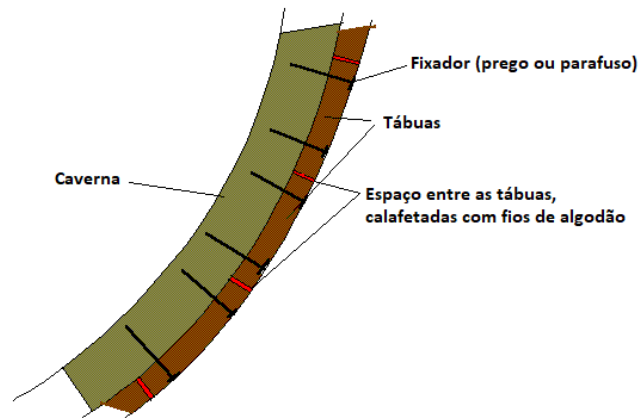
Figura 20 – Estrutura inicial onde as cavernas são encaixadas.



Fonte: Autor (2018).

Segundo Gerr (2000), o *carvel plank* consiste em fixar uma única fiada de tábuas moldadas com pregos ou parafusos nas cavernas. A embarcação é entabuada no fundo, costado e convés. A Figura 21, ilustra o método.

Figura 21 – Método de *carvel plank*.



Fonte: Adaptado de Randall (data desconhecida).

Após finalizado o entabuamento, preenche-se as frestas com fios de algodão³. Esta técnica de vedação chama-se calafetagem. Segundo Gerr (2000), as tábuas em contato com a água incham e pressionam-se uma contra a outra, o fio de algodão serve como espécie de junta que evita a entrada de água para o interior.

De acordo com Gerr (2000), o *carvel plank* é o método mais fácil para o reparo das tábuas, já que cada tábua pode ser desafixada, removida e substituída sem perturbar outras tábuas ou o interior.

4.2 TÉCNICAS PARA OBTENÇÃO DOS PLANOS DE LINHAS

Nas entrevistas foi possível identificar duas técnicas para determinação das linhas de casco dos pesqueiros. A primeira a ser demonstrada neste trabalho é descrita por José Olavo Coelho, construtor naval da cidade de Navegantes, SC, exerce a profissão a 53 anos e responsável pela elaboração e construção em madeira de dezenas de embarcações destinadas as diversas modalidades de pesca. A técnica de José Olavo é demonstrada no tópico 4.3.1.

A segunda técnica para obtenção do plano de linhas é descrita por César Coelho, experiente construtor naval da cidade de Navegantes, SC, além de projetar e construir pesqueiros em madeira, também projeta embarcações com fundo V, para construção em aço. César é irmão de José Olavo, porém, utiliza-se de técnicas diferentes das do irmão, que desenvolveu ao longo de sua carreira como construtor naval e será caracterizada no tópico 4.3.2.

³ Esta é a forma tradicional de vedação, muito utilizada até os dias atuais, muito embora já se verifica o uso de cordões sintéticos e massas especiais de epóxi para a calafetagem.

4.2.1 Técnica do meio bloco

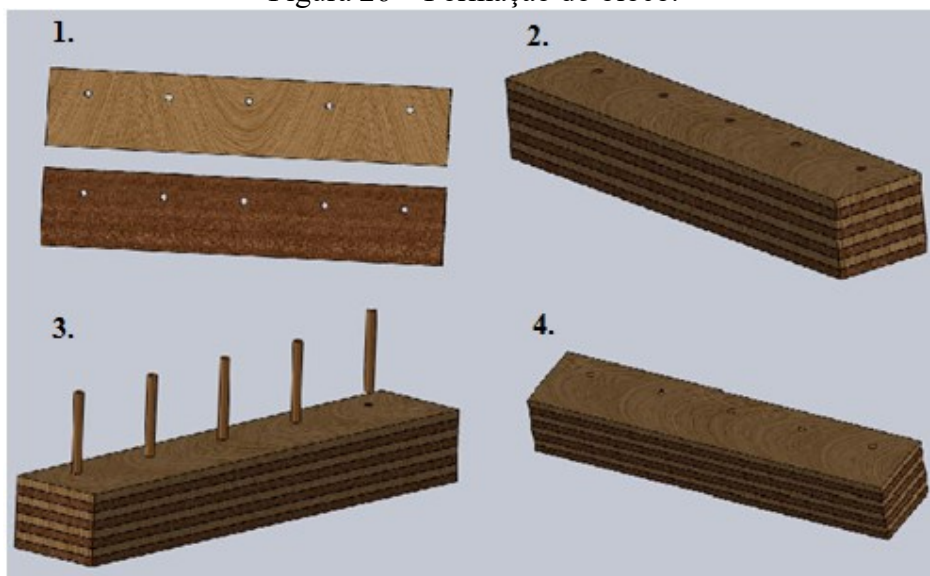
De acordo com Manning (1988), antes do século XX, modelos de meio casco eram construídos por carpinteiros como meio de planejar o projeto de um navio e garantir que o casco fosse simétrico.

Depois do armador em conversa com o construtor naval informar os principais requisitos do projeto como: o comprimento total do pesqueiro a ser construído, a modalidade de pesca que a embarcação irá exercer, se a superestrutura será na proa ou a ré, a capacidade de pescado embarcado, entre outros requisitos, o construtor naval faz um modelo em escala de um dos bordos da embarcação, podendo ser boreste ou bombordo, a escolha é indiferente já que toda embarcação pesqueira possui o plano diametral de simetria.

O modelo é feito em escala reduzida, que pode variar, conforme o construtor. José Olavo cita que utiliza a escala de 1:50 em seus modelos. Já o modelo que serviu como base para confeccionar as imagens que aqui seguem, tem escala de 1:30, construído em 1979 por Arizon da Silva, construtor naval já falecido. No Anexo B, está o modelo de meio bloco produzido por Arizon.

Após definida a escala do modelo, inicia-se a confecção do bloco. Para isso, cortam-se tábuas com comprimento e largura adequadas a escala utilizada. Todas as tábuas têm as mesmas dimensões. No caso do modelo estudado, o comprimento da tábua é de 1,0 metro, com largura de 15,0 centímetros e espessura de 2,0 centímetros. Na Figura 26 ilustra-se a sequência de montagem do bloco:

Figura 26 – Formação do bloco.



Fonte: Autor (2018).

As tábuas recebem furos equidistantes em uma mesma linha, são alinhadas formando a peça. Para união, são utilizadas cavilhas de madeira, sendo introduzidas nas furações e assim o bloco está formado e pronto para a próxima etapa.

A quantidade de tábuas utilizadas para formar o bloco, depende das relações que o construtor usa para determinar o pontal. Cada tábua representa um plano d'água.

Na próxima etapa é realizado um esboço com as principais linhas do barco, na lateral da peça é feito a linha de base, roda de proa, formato do cadaste e a linha de tosado. Na parte superior é traçado a linha de convés da embarcação. A Figura 27 ilustra o processo.

Figura 27 – Esboço inicial.



Fonte: Autor (2018).

Em seguida, o construtor inicia o processo de modelar a peça, servindo-se de formões e canivetes, entre outras ferramentas. Na Figura 28, segue-se a sequência da retirada do material, que aos poucos vai dando forma ao modelo do barco.

Figura 28 – Modelamento do bloco.

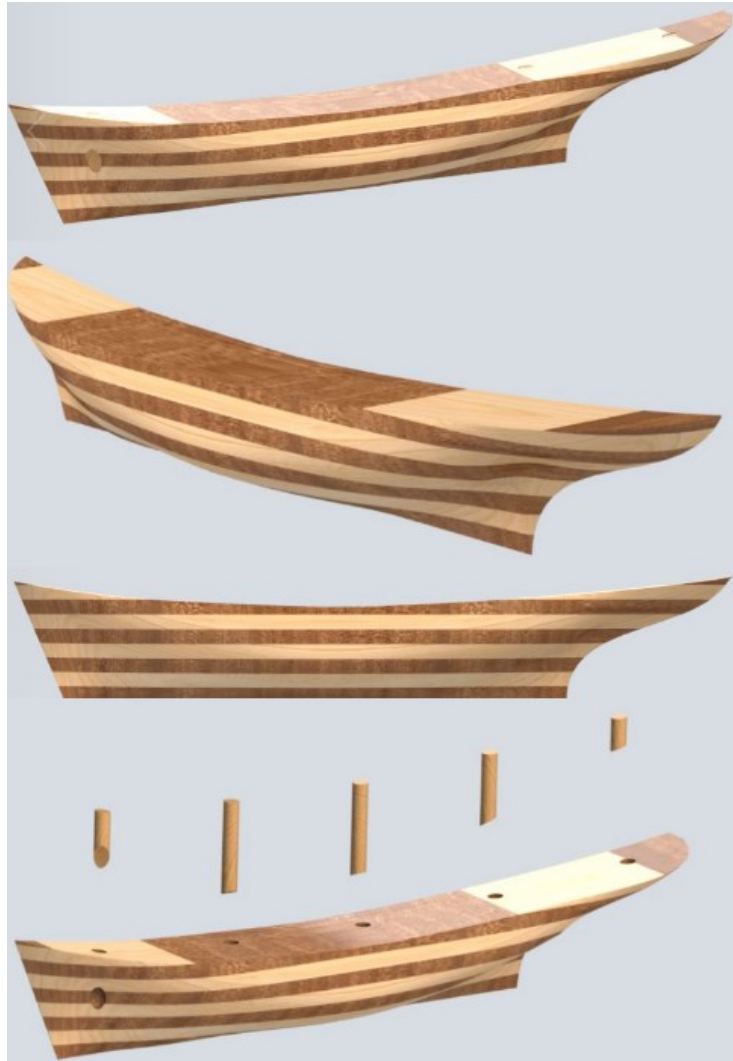


Fonte: Autor (2018).

Nesta última fase da confecção do modelo, o construtor naval molda a peça conforme sua experiência e imaginação, com linhas suavizadas e harmoniosas como ilustrado na Figura 29. Leva-se em consideração os requisitos do armador para modelagem, que pode tender a ter uma proa mais bojuda (maior volume), ter um pé de caverna maior, um raio de bojo maior ou menor, linha de tosado ou tipo específico de popa.

Depois de finalizado a peça, tendo-a lixada, com sua superfície lisa, retiram-se as cavilhas, de acordo com a Figura 29. Cada tábua representa um plano d'água em determinada altura. Conforme ilustrado na Figura 30.

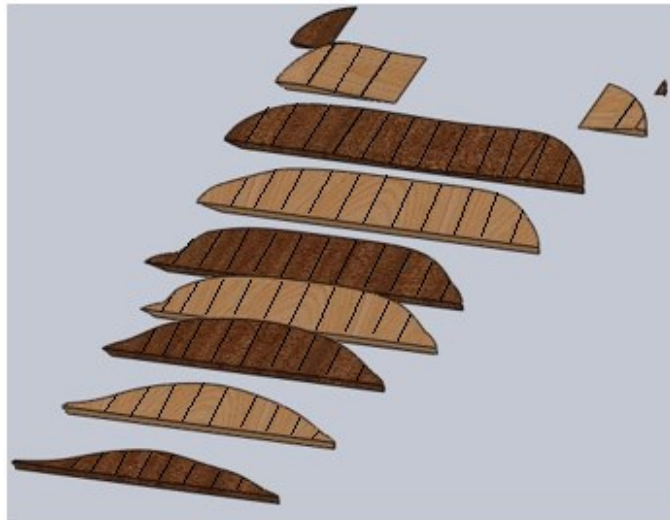
Figura 29 – Finalização do bloco.



Fonte: Autor (2018).

Tendo-se os planos paralelos a linha d'água e conhecendo-se a altura de cada plano, o construtor faz as divisões (seções) transversais alinhadas em cada tábua, o número de divisões é equivalente ao número de seções da embarcação, e assim, mede-se a largura em cada linha transversal e passa-se esses valores de meia boca para a escala real.

Figura 30 – Representação das linhas d'aguas.



Fonte: Autor (2018).

Segundo Manning (1988), em seu livro “A evolução do navio de madeira”, as embarcações elaboradas desta forma são geralmente modeladas em vez de projetadas. O construtor naval José Olavo, menciona que adota diversos critérios para elaboração do modelo, tendo conhecimento que o valor da boca e do pontal afeta a estabilidade transversal, que a saída de água pela popa tem influência no sistema propulsivo, a inclinação da linha de tosado influencia na entrada de água pela proa, entre diversos conceitos que o construtor foi adquirindo de acordo com retorno dado pelos armadores quanto ao desempenho da embarcação, o que o possibilita estar sempre evoluindo.

4.2.2 Técnica do cordeamento

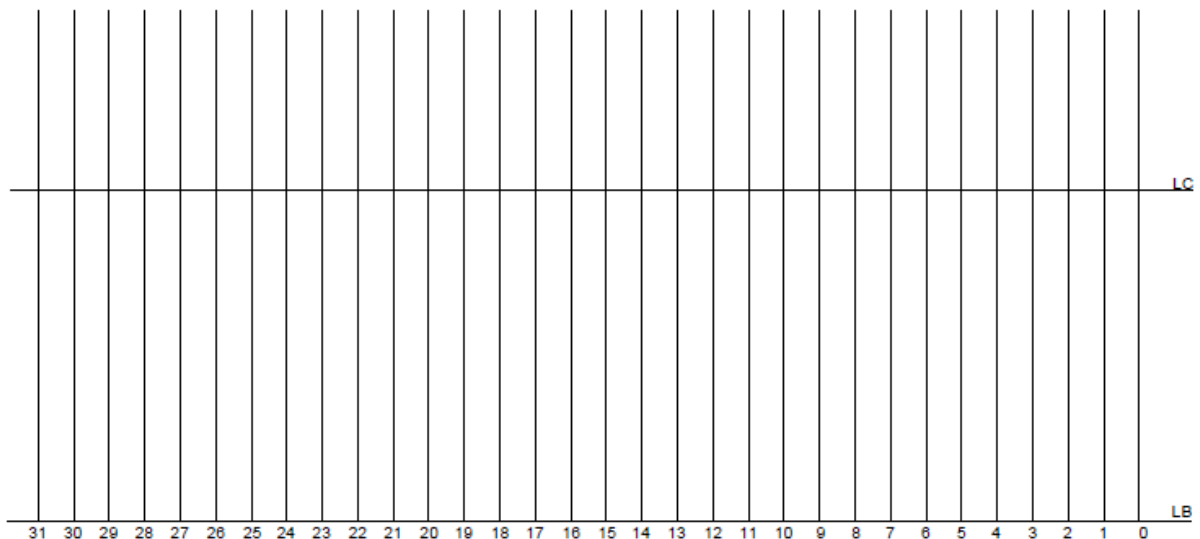
A técnica usada pelo construtor naval César Coelho, consiste em dar forma ao casco, com o uso de linhas, denominado por ele como linhas de cordeamento. Uma embarcação com fundo arredondado, possui várias linhas de cordeamento. Por exemplo, para um barco com pontal de 3,0 metros são necessárias até 7 linhas de cordeamento. Em um pesqueiro com fundo em V, geralmente, usa-se apenas uma linha de cordeamento, o nome técnico dessa linha é quina ou *chine* em inglês.

A embarcação aqui descrita, tem comprimento total de 13,5 metros, 5,0 metros de boca e 2,0 metros de pontal. Possui fundo em V e está sendo construída em madeira, muito embora, o fundo V seja, na maioria das vezes, adotado em cascos construídos em aço.

O primeiro passo é definir a escala a ser utilizada, neste caso o construtor usou a escala 1:50, desenhando em uma folha com padrão A3. Uma foto da versão original do plano de linhas, feita pelo construtor César Coelho está presente no Anexo C.

Inicia-se fazendo a linha de base para o plano de perfil e a linha de centro para o plano de linhas d'água. O construtor faz a divisão das balizas de forma proporcional a escala real. Como foi usado espaçamento entre cavernas de 0,40 metros, foram feitas 32 balizas, considerando o comprimento entre o espelho de popa até a intersecção da linha do convés com a roda de proa, são representados pelas linhas ortogonais a linha de base e linha de centro, conforme Figura 31.

Figura 31 – Primeiros traços.



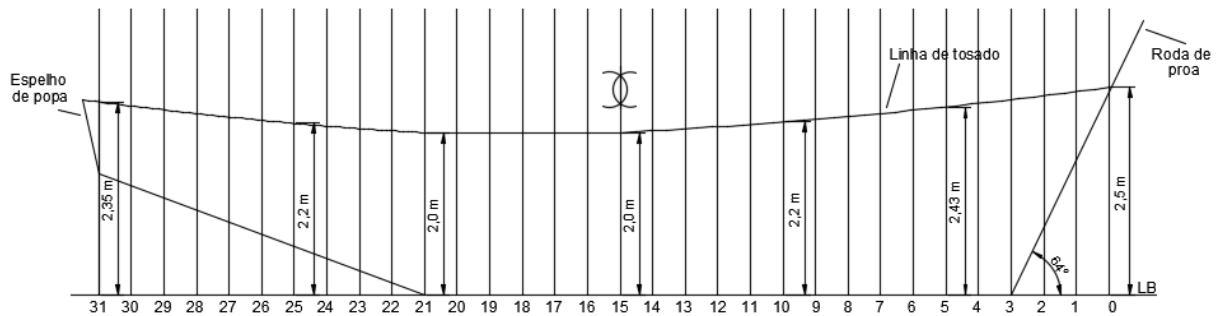
Fonte: Autor (2018).

Após definido o número de balizas, o construtor projeta a inclinação da roda de proa, com ângulo em torno de 60° a 70° . Esta angulação varia de acordo com o construtor naval. O contorno da popa no caso, o cadaste e o espelho de popa são traçados, no plano de perfil, dando forma a embarcação. Na Figura 32 é possível notar esses traços.

A linha de tosado é feita da seguinte forma: sabendo-se a altura do pontal na seção mestra, que foi definido pela experiência do construtor e que nesta embarcação é de 2,0 metros, então, para cada baliza avante, acrescenta-se 1% do valor do pontal da última seção. Por exemplo, a seção mestra enumerada como 15, tem o valor de pontal com 2,0 metros, a próxima baliza enumerada como 14, terá 2 metros mais 0,02, totalizando 2,02 de pontal, portanto a seção

enumerada como 13 terá 2,02 mais (2,02 x 0,01) e assim, segue-se até a roda de proa. O exemplo é visto na Figura 32.

Figura 32 – Linha de Tosado.

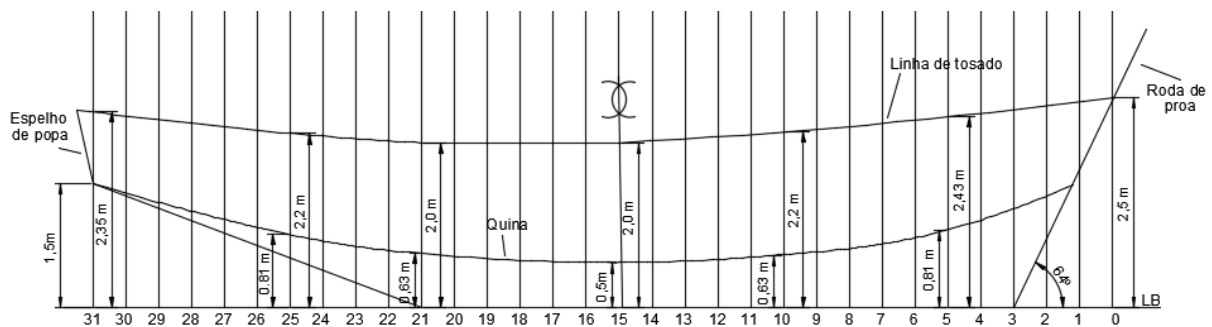


Fonte: Autor (2018).

Apesar do valor ser baixo, ao chegar na proa, a linha de toسادo está com uma altura próximo de 2,5 metros. A curva é visualmente suave e não sobe de forma abrupta. Da seção mestra a ré, a curvatura é mais discreta, mantendo-se constante até a seção 21, depois a curvatura cresce com a mesmo cálculo apresentado anteriormente, até o espelho de popa.

A próxima etapa é a confecção da linha de cordeamento. Na seção mestra, a altura do cordeamento é de 0,5 metros, valor definido pelo construtor e sobe nos sentidos proa e popa 5% por seção, da mesma forma que foi apresentado para a linha de toسادo. A Figura 33 ilustrar o procedimento para linha de cordeamento.

Figura 33 – Linha do cordeamento.



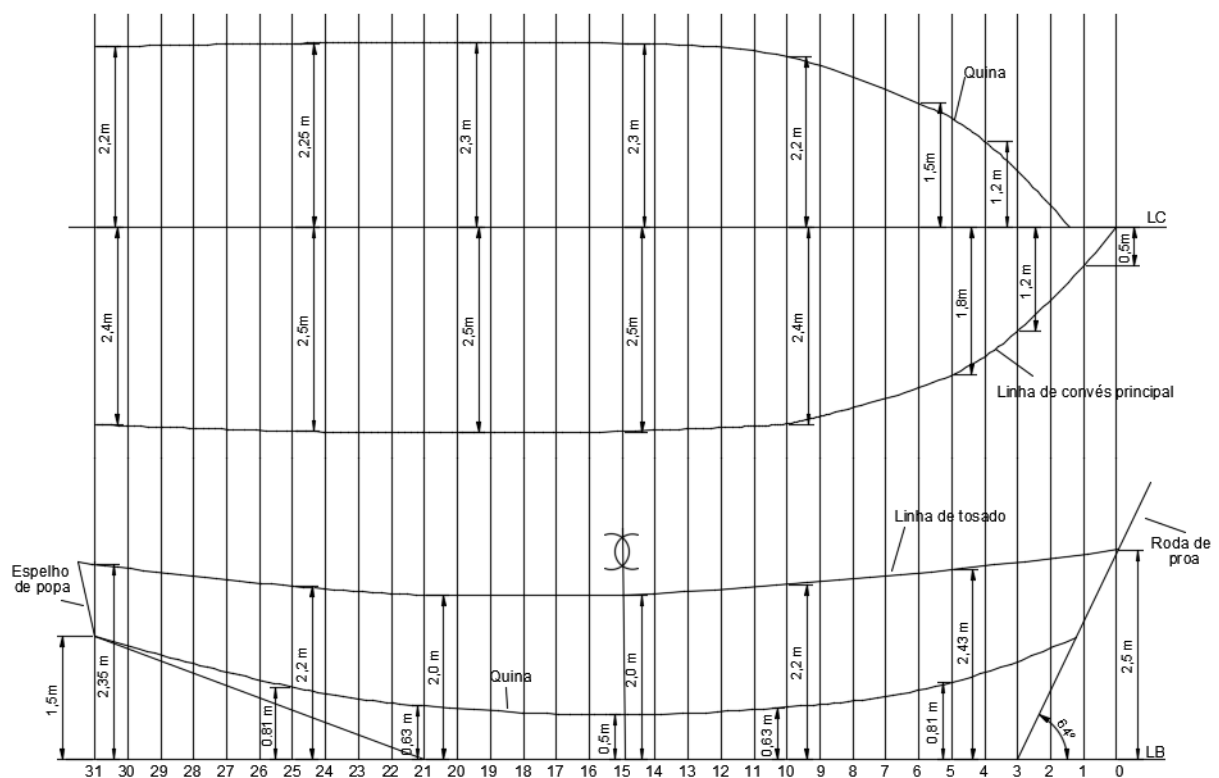
Fonte: Autor (2018).

Com o plano de perfil finalizado, inicia-se o plano com as meias bocas, ou seja, as larguras entre a linha de centro e linha de quina. Para a linha de convés principal, o construtor adota a boca máxima de 5,0 metros. A meia boca representada na Figura 34, é de 2,5 metros.

Da meia nau até o espelho de popa, o construtor mantém a linha quase paralela a linha de centro, porém com uma leve suavizada quase imperceptível quando for para escala real. E a curvatura da meia nau até a roda de proa, é definida pela experiência do construtor, podendo optar por deixar uma proa mais bojuda ou não, mantendo um convés mais, ou menos espaçoso.

As larguras da quina em relação da linha de centro, são menores que as larguras da linha de convés, porém não muito, com visto na Figura 34, até porque, se esta largura for pequena o costado fica muito inclinado, perdendo espaço interno no casco.

Figura 34 – Esboço final do projeto.



Fonte: Autor (2018).

Nota-se que enquanto as alturas das linhas de cordeamento, são elaboradas a partir de algumas relações, oriundas do conhecimento empírico, que o construtor julga ser importante, as meias bocas são traçadas de uma forma mais livre, podendo ter valores variados para cada embarcação projetada pelo construtor. O mesmo, explica o fato, que para ele a relação comprimento/pontal é muito mais importante para atender a uma boa estabilidade do que a relação comprimento/boca. Por isso, ele se preocupa mais com as alturas das linhas de quinas, ou *chines*, quando elabora uma embarcação.

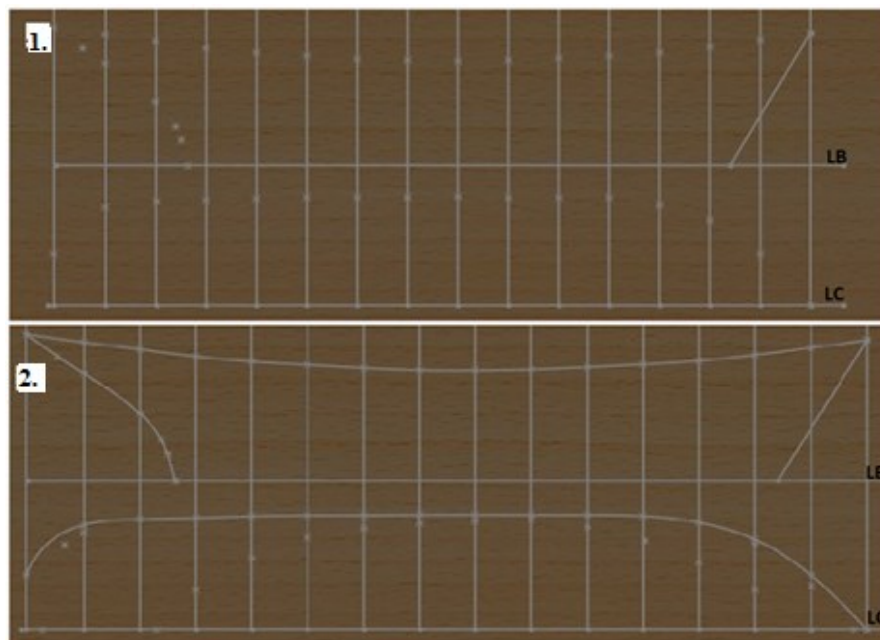
O construtor após finalizar a confecção dos planos, ele inicia o traçado em escala real dos planos na sala de risco para obtenção do plano de balizas.

4.3 SALA DE RISCO

Após a elaboração do plano de linhas em escala reduzida, independente da escolha dos métodos descritos anteriormente, a próxima etapa é realizar o traçado da embarcação em escala real, para isso, utiliza-se a sala de risco, que vem a ser um local plano, abrigado, iluminado e com espaço suficiente para que o plano de linhas seja desenhado em escala 1:1, num tablado de madeira no chão, feito com compensados.

O objetivo aqui é obter o plano de balizas, a partir do traçado dos planos de linhas d'água e de alto. Com o plano de balizas finalizado, são produzidos os gabaritos em compensado para cada caverna da embarcação. Na Figura 35 ilustra-se o início do procedimento. As imagens foram produzidas pelo autor, de acordo com o descrito pelos construtores navais.

Figura 35 – Início do traçado.



Fonte: Autor (2018).

Inicia-se o desenho das linhas de base (LB) e de centro (LC), para o plano de alto e linhas d'água, respectivamente. Os planos são alinhados para facilitar a posterior confecção do conjunto de balizas. Na sequência, faz-se a divisão das balizas, que são os traços ortogonais a

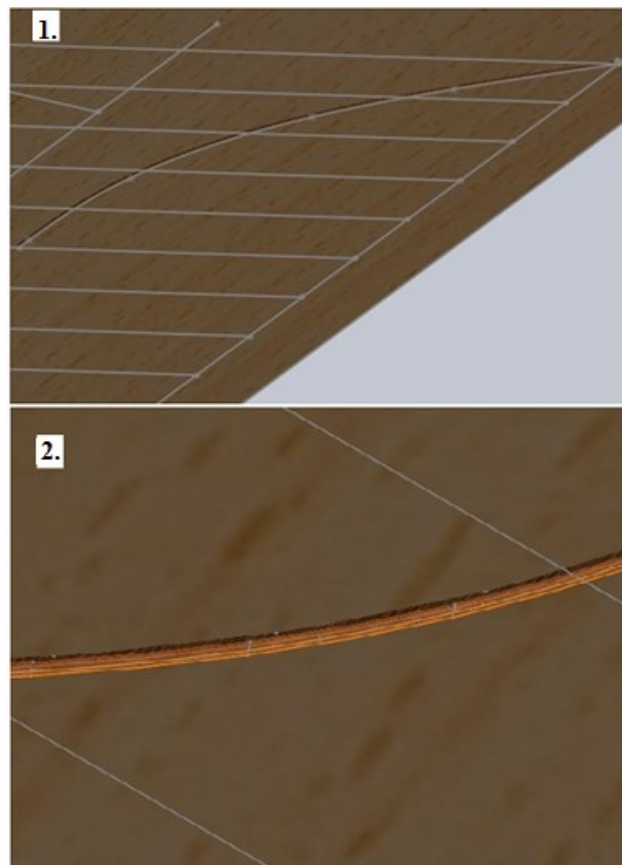
linha de base. O número de divisões varia conforme o tamanho da embarcação. O espaçamento entre seções adotado pelo construtor naval, geralmente é em torno de 0,4 metros.

Os primeiros pontos são transferidos ao tablado, para compor as principais linhas da embarcação, no plano de alto, também conhecida como plano de perfil. São então traçadas a linha de tosado, roda de proa e saída d'água na popa. No plano de linhas d'água é feito o contorno da linha de convés. O procedimento segue, com a colocação de todos os pontos de meia bocas, das demais linhas d'água nas respectivas alturas e depois traçam-se as linhas de alto.

Nesta fase, são feitas correções nas linhas do barco, esse procedimento é conhecido por carenamento e tem por objetivo eliminar linhas curvadas com inflexões ou depressões repentinas, tornando-as suaves para os olhos de quem as vê.

Para traçar as curvas de forma harmoniosa, utiliza-se o virote, conforme ilustrado na Figura 36. Virotos são ripas de madeiras com seção transversal quadrada ou retangular, variando de 10 a 30 milímetros de aresta, e comprimento variado, podendo passar dos 6 metros. Deve-se optar por madeiras com boa flexibilidade.

Figura 36 – Uso do virote.



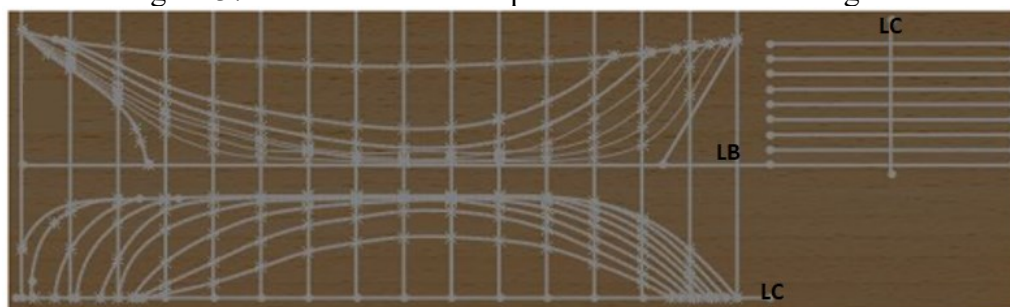
Fonte: Autor (2018).

O virote é posicionado em cima dos pontos e fixado por meio de pregos. Verifica-se a suavidade da curvatura, se houver irregularidades, soltam-se os pregos que estão relacionados a estas irregularidades e deixa-se que o próprio virote procure sua posição natural, desta maneira, garante-se o carenamento do casco.

Risca-se com um lápis, rente ao virote, obtendo-se a linha no tablado.

Após todas as linhas d'água e linhas de alto serem riscadas no tablado, inicia-se o plano de balizas, conforme Figura 37.

Figura 37 – Carenamento dos planos de alto e linhas d'água.



Fonte: Autor (2018).

Para referência do desenho do plano de balizas, são traçadas as linhas de base e de centro, bem como as divisões das alturas dos planos paralelos a linha d'água. Posteriormente passam-se as coordenadas dos pontos presentes no plano de linhas d'água e no plano de alto para o plano de balizas, fazendo esse procedimento para todas as cavernas.

Após marcação dos pontos de uma determinada seção, no plano de balizas, coloca-se um virote, que deve ser contínuo e flexível, em cima destes pontos. A experiência do construtor define a escolha pelo virote que proporcione uma curva harmoniosa. Na Figura 38, ilustra-se o procedimento.

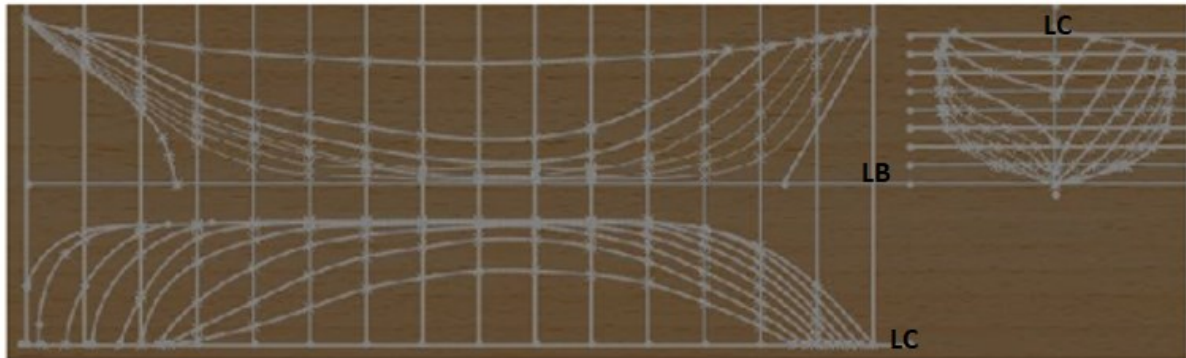
Figura 38 – Traçado do plano de balizas.



Fonte: Autor (2018).

Após todas as cavernas riscadas, têm-se o plano de linhas completo no tablado, já carenado, com todas as linhas suavizadas. A Figura 39, ilustra-se está fase.

Figura 39 – Finalização do plano de linhas.



Fonte: Autor (2018).

Algumas peças estruturais também são esboçadas na sala de risco, como a quilha, cadaste, roda de proa e coral, entre outras peças estruturais. Os tipos de encaixe realizados para emendar a quilha também são desenhados na sala de risco, para assim facilitar a produção delas.

Com o plano de linhas finalizado inicia-se o procedimento de obter os gabaritos das balizas para iniciar os cortes das cavernas.

4.3.1 Gabaritos das cavernas

Os gabaritos são os modelos de referência para o corte das cavernas da embarcação a ser construída. Cada embarcação têm um conjunto de gabaritos, que após sua utilização ficam guardadas. Ao longo dos anos os construtores acumulam esses gabaritos, sendo que cada gabarito foi um projeto específico e que correlaciona o comprimento, boca e pontal da embarcação.

Atualmente, quando o armador solicita a construção de um barco, com determinado comprimento, os construtores navais já têm um conjunto de formas que se adaptam a esse pedido. Deste modo, elimina-se o tempo gasto na elaboração do plano de linhas, no carenamento realizado na sala de risco e na confecção destes gabaritos.

Um exemplo disso é dado por José Olavo, um armador pediu-lhe que fizesse um barco para a pesca de cerco com 27 metros de comprimento, o construtor não possuía um conjunto de gabaritos para atender o pedido, porém dispunha de um conjunto de gabaritos para uma traineira de 26 metros. Segundo o construtor ele adicionou 3 cavernas a mais a meia nau, aumentando o

corpo médio paralelo da embarcação e manteve a mesma boca e pontal, desta maneira não precisou elaborar um novo projeto.

Outro exemplo é citado pelo construtor César Coelho, um barco com 13,5 metros de comprimento e 5 metros de boca, pode ter seu corpo médio paralelo aumentado até 2,5 metros, com a embarcação ficando com 16,0 metros de comprimento total.

Ressalta-se que os construtores ao aumentar o comprimento, preocupam-se com a questão estrutural, reforçando o casco, com quilhas mais robustas, tábuas mais espessas e número maior de reforçadores longitudinais.

Outro fato interessante sobre os gabaritos, é que eles são emprestados para outros estaleiros que não dispõe do construtor. De posse dessas formas os carpinteiros navais constroem a embarcação.

4.4 ETAPAS DE PROJETO DE ACORDO COM OS CONSTRUTORES NAVAIS

Conforme visto no capítulo de fundamentação teórica, segundo Lamb (2003) e Taggart (1980), a elaboração do projeto de uma embarcação é composta de etapas iterativas, onde cada atributo tem significativa dependência dos demais e assim, para atingir o objetivo, esses autores propõe a divisão do projeto em 4 fases distintas, sendo: conceitual, preliminar, contratual e detalhado, conforme descritas no tópico 2.2.

Diferente do proposto por esses autores, a concepção do projeto e construção de embarcações voltadas a pesca nas cidades de Itajaí e Navegantes, segue de maneira peculiar e mantém as tradições do século passado.

O armador de pesca, ao necessitar de um novo barco, seja para iniciar no ramo da pesca, substituir a embarcação usada por uma nova ou aumentar o número de sua frota escolhe o construtor naval pela sua reputação, experiência, indicação de terceiros, considerando custos e até mesmo a localização do estaleiro. Ressalta-se que na maioria das vezes o construtor naval está vinculado à determinado estaleiro, geralmente, vindo a ser o proprietário ou locatário do local, onde será construído o barco.

Em conjunto com o construtor naval, o armador repassa as principais informações e requisitos que sua embarcação deverá apresentar, como: a modalidade de pesca que irá exercer, capacidade de pescado embarcado, comprimento da embarcação, se a superestrutura será localizada na proa ou mais à popa. Caso o armador tenha experiência na pesca, por ser ou já ter trabalhado como pescador, o número de requisitos e informações aumenta e cabe ao construtor naval, avaliar se as propostas do armador são condizentes com as técnicas construtivas e se

serão aprovadas pelas autoridades marítimas, no caso a Marinha do Brasil. Conforme os construtores descreveram, eles tiveram que tomar conhecimento das normas exigidas pela Marinha do Brasil, como área mínima das acomodações, número de anteparas estanques, quantidade de escotilhas e portas de saída e entre outros critérios, ligados ao conforto e segurança da embarcação.

Nessa primeira interação entre o armador e o construtor naval, viu-se muita semelhança com o descrito por Lamb (2003) e Taggart (1980), na fase de projeto conceitual, onde determinam-se as principais dimensões, missão da embarcação, capacidade de carga, entre outras características. Porém, a próxima etapa que se segue, não é a preliminar, onde são feitos todos estudos e viabilidades do projeto e sim a contratual.

A etapa contratual entre construtor naval e armador, é diferente do que foi explicado por Lamb (2003) e Taggart (1980). Aqui o armador, planeja o orçamento dos custos de materiais e mão de obra combinando com o construtor naval, as formas de pagamento ao longo da construção da embarcação e prazos de entrega. O futuro proprietário do barco, tem total confiança no resultado final do construtor naval, até porque não lhe foi apresentado nenhum projeto preliminar ou detalhado, especificando a embarcação. A ideia que o armador tem sobre sua embarcação, que está para ser construída, é com base comparativa a outros pesqueiros semelhantes, já construídos por esse construtor. Portanto, a parte de projeto preliminar e detalhado, fazem partes do conhecimento empírico do construtor naval e não há registros de documentos ou memoriais descritivos feitos por eles, além de rascunhos do plano de linhas, como explicado no tópico 4.1.

O projeto detalhado da embarcação, está em posse do construtor naval, que usa de seu conhecimento empírico para supervisionar os carpinteiros navais em todas as etapas de construção do barco. Um exemplo disso é o dimensionamento estrutural, que é feito conforme experiência do construtor naval. O tipo de madeira escolhido, espessuras de tábuas, área transversal da quilha, quantidade e distribuição de reforçadores, entre outras peças estruturais, são todas elaboradas pelo construtor naval e não há estudo ou análise estrutural.

Instalação de motores, hidráulica, equipamentos eletrônicos, parte elétrica da embarcação, dimensionamento do propulsor e entre outros sistemas, não são feitos pelo construtor e sim por empresas terceirizadas contratadas a parte pelo armador.

Após a embarcação estar em fase final de construção, o armador solicita a licença de construção, perante à Marinha do Brasil. Contrata o serviço de um engenheiro naval, para fornecer a ART, referente ao levantamento técnico, para embarcações construídas sem o

acompanhamento do responsável técnico. Também são feitos o memorial descritivo⁴ e planos de arranjo geral, segurança e volumes das compartimentações, de acordo com, o documento da Normam 01/DPC (2005).

4.5 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ADOTADOS PELOS CONSTRUTORES NAVAIS

Há 50 anos, as embarcações de pesca não ultrapassavam o comprimento total de 20,0 metros, um barco com aproximadamente 19 metros de comprimento tinha uma boca de 5,0 metros, com 1,8 metros de pontal, conforme relatado por José Olavo, em entrevista.

Nos últimos anos as embarcações, tiveram por necessidade, buscar outras áreas para a captura do pescado, distanciando-se cada vez mais da costa, aumentando o tempo da viagem e sofrendo com as adversidades do mar. Segundo os construtores entrevistados, os armadores começaram a optar por embarcações com maior capacidade de carga, assim, podendo capturar um volume maior de pescado durante uma única viagem. Conveses maiores também eram requisitados para alocar todos os equipamentos e redes. Portanto, os construtores tiveram que fazer adaptações ao longo dos anos para atender os armadores e proporcionar segurança à tripulação, elaborando barcos que resistam às intempéries do mar.

4.5.1 Dimensões Principais

Na Tabela 2, são vistas as relações de comprimento total/boca e comprimento total/pontal utilizadas pelo construtor José Olavo. Na coluna Boca 1 está o valor em metros que ele considera adequado e na coluna Boca 2, é o valor que ele está adotando na última década.

Por exemplo, uma traineira embarcação destinada a pesca de cerco, com 28,0 metros de comprimento total, pela experiência dele, deve ter 7,5 metros de boca, resultando em uma relação comprimento total/boca de 3,6, como visto na coluna L/B 1 da Tabela 2. Porém nos últimos anos ele vem construindo com 8,5 metros de boca.

Conforme o construtor explica, aumentando em 1,0 metro a boca, a embarcação tem sua capacidade de carga aumentada e um convés mais largo, conseguindo-se fazer uma

⁴ Memorial descritivo - Documento que descreve a embarcação quanto às suas dimensões principais, propulsão, geração de energia, aparelhos de força, equipamentos de salvatagem, combate a incêndio e dados de operação.

superestrutura maior, resultando em acomodações mais espaçosas para os pescadores. Caso parecido, acontece para uma embarcação da modalidade de arrasto.

Tabela 2 – Relações adimensionais.

	Compimento Total	Boca 1	Boca 2	Pontal	L/B 1	L/B 2	L/P
Arrasto	18	5	6	2,5	3,6	3,0	7,2
Traineira	28	7,5	8,5	2,8	3,7	3,3	10

Fonte: Autor (2018).

O construtor César Coelho, menciona que utiliza relações adimensionais conforme o comprimento adotado. A embarcação descrita no tópico 4.3.2, com comprimento total de 13,5 metros, boca de 5,0 metros e pontal com 2,0 metros tem relação L/B de 2,7 e L/P de 6,75. Para embarcações acima dos 18,0 metros, ele adota valores maiores de L/B.

4.5.2 Geometria dos cascos

O método construtivo, é o principal limitador na geometria dos cascos. Embarcações de madeira possuem caracteristicamente um fundo arredondado, conforme visto na Figura 40 a. Como já descrito no tópico 2.5, o tabuamento é feito por uma série de tábuas com largura muito menor do que o comprimento, deste modo permitem o formato arredondado do casco.

Os cascos construídos em aço têm fundo em V e na maioria das vezes apresentam o formato que é apresentado na Figura 40 b. Como há uma dificuldade no processo construtivo em curvar chapas de aço em duas direções, os estaleiros acabam construindo da forma mais simples.

Figura 40 – Casco de madeira (a) e aço (b).



Fonte: Autor (2018).

Os construtores elaboram os pesqueiros com o perfil da proa do tipo normal e a inclinação da roda de proa varia de acordo com cada construtor. César Coelho menciona que a angulação está entre 60° a 70°, sendo um ângulo agudo em relação a linha de base e a roda de proa.

Os perfis de popa adotados nos pesqueiros, sofreram mudanças ao passar dos anos. Na seção 2.3.2.3, foram citados os 3 principais tipos e suas características. Entre os construtores e carpinteiros a popa elíptica é conhecida como popa de leque, a popa de cruzador dar-se o nome de popa torpedo e a popa *transom* é dita como popa reta. A Figura 41, traz os tipos de popa, que são ou eram adotados na construção de pesqueiros em Itajaí e Navegantes.

Figura 41 – Tipos de popa.



Fonte: Autor (2018).

Segundo os construtores navais, as popas de leque e torpedo, eram adotadas antes da década de setenta, a partir de então, a popa reta passou a ser implantada na construção de novos pesqueiros. Segundo os construtores, a popa reta tem um processo construtivo mais rápido, comparado com as outras.

Conforme o construtor César Coelho, a popa torpedo é o melhor perfil de popa a ser usar para diminuir a resistência ao avanço, fato mencionado pelos autores Schneekluth e Bertram (1998). A popa torpedo caiu em desuso por reduzir o volume interno e o espaço no convés na popa.

4.5.3 Arranjo

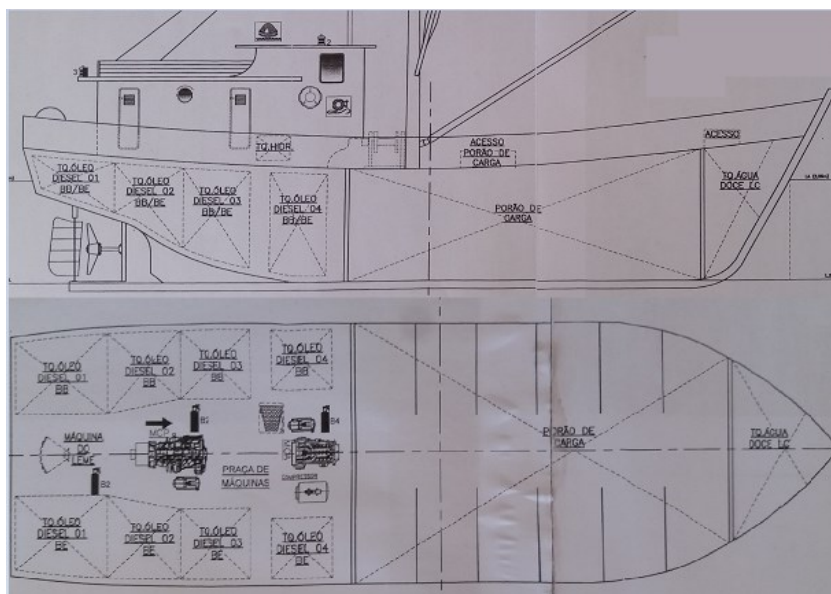
De acordo com os construtores, em certas modalidades de pesca como a de arrasto ou de espinheleiros, o armador é quem decide, se a superestrutura será na proa ou mais à popa, isso vai da preferência do mesmo. Barcos destinados a pesca de cerco, como as traineiras tem

a superestrutura na proa, para manter o convés, da meia nau à popa, o mais espaçoso possível, para conter as redes e demais equipamentos, além de uma embarcação de apoio instalada na popa. Segundo José Olavo, antigamente, quando se usava redes menores, a embarcação de apoio, o panga (ou caíco), era menor e era colocada ao mar pelos próprios pescadores e a traineira tinha superestrutura na popa. Porém, com a modernização, todas as traineiras são planejadas com superestrutura na proa e com rampa na popa, para o lançamento do caíco. Os pesqueiros para a pesca de emalhe tradicionalmente tem a superestrutura situada mais a popa.

A Figura 42, ilustra o arranjo geral, comumente adotado nos pesqueiros de Santa Catarina, segundo os construtores navais. As acomodações como: camarotes, cozinha, banheiro situam-se na superestrutura. Abaixo dela está a praça de máquina. O porão de carga para armazenar os pescados é acessado através de uma escotilha no convés. Utiliza-se o espaço abaixo do convés de proa para pôr um tanque ou paiol para guardar acessórios da pesca. As amarras e a âncora destinadas ao fundeio, ficam localizadas no convés da proa, não se usa paióis de amarra e nem escovéns, a âncora é lançada por cima da borda falsa. Também não há espaço destinado ao evisceramento e limpeza do pescado, quando existe esse procedimento, é realizado no convés de maneira não ergonômica para o pescador.

Em algumas modalidades, como a de espínel, se constrói um castelo de proa, para guardar equipamentos de pesca, como boias.

Figura 42 – Arranjo e compartimentação.



Fonte: Safo (2016).

No caso de barcos com superestrutura na proa, a praça de máquinas também se situa na proa, abaixo da superestrutura. E o porão de carga fica localizado da meia nau para ré.

4.5.4 Estabilidade e distribuição de pesos

O autor, ao questionar sobre a estabilidade das embarcações, obteve dos construtores entrevistados a resposta que um barco de pesca se torna estável, pela quantidade de cargas que leva no interior do casco.

O exemplo dado pelo construtor José Olavo, é que uma embarcação com comprimento total de 28,0 metros, 8,0 metros de boca e 3,0 metros de pontal, vai para sua missão carregada com 20 toneladas de óleo, 20 toneladas de água potável, 40 toneladas de gelo e mais as redes no convés e retorna com menos combustíveis e água, porém, com o pescado, segundo ele uma embarcação desse porte tem capacidade para 120 toneladas de pescado embarcado, portanto o barco mantém um calado que assegura sua estabilidade.

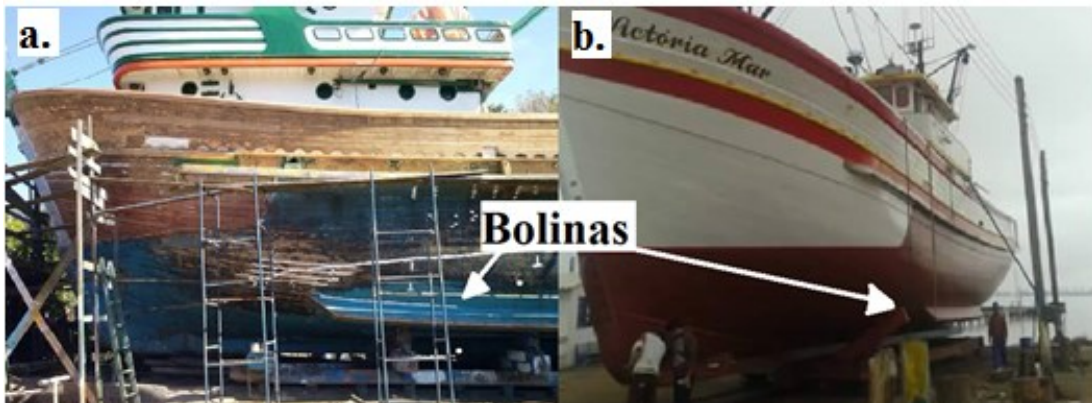
Os construtores descreveram que o lastro geralmente é adotado para corrigir o trim de embarcações que ficam abicadas ou derrabadas pela má distribuição de peso ou quando se constrói uma superestrutura na proa sem que esta seja dotada de suficiente reserva de flutuabilidade, ou seja, tem pouco volume na proa.

4.5.5 Seakeeping

A maioria dos barcos pesqueiros, construídos em Itajaí e Navegantes possuem bolina. Independentemente do tamanho da embarcação essa peça está presente nos cascos. Conforme, os construtores navais, as bolinas têm a função de estabilizar e diminuir o balanço transversal enquanto a embarcação estiver navegando em mares hostis.

De acordo com os construtores entrevistados, em pesqueiros com a superestrutura na proa Figura 43 a., que geralmente possuem uma proa mais volumosa, a bolina é colocada mais avante e segue até o final da meia nau. Já em barcos com superestrutura a ré Figura 43 b., a bolina é fixada a meia nau e tem comprimento do corpo médio paralelo.

Figura 43 – Uso da bolina.



Fonte: Autor (2018).

A inclinação da bolina em relação ao casco, é citada com importância pelos construtores, uma bolina muita na vertical perde a sua função e não reduz o *roll*.

Na Figura 44, mostra-se uma bolina colocada em um pesqueiro em manutenção. Os cascos de madeira, usam bolinas robustas, fixadas ao casco por meio de parafusos passantes. Os construtores ou carpinteiros, apesar de alinharem as bolinas paralelo a linha de quina, não se preocupam em dar um formato mais hidrodinâmico na parte frontal da bolina, para amenizar o arrasto.

Figura 44 – Bolina.



Fonte: Autor (2018).

Os cascos dos pesqueiros construídos em madeira, têm as primeiras seções da proa com formato em V, isso é devido ao método construtivo adotado. Segundo os entrevistados,

não há como construir uma proa bulbosa em barcos de madeira com o método de construção utilizado por eles. Pesqueiros construídos em aço, também tem suas seções da proa em V.

Para diminuir a quantidade de água lançada por cima do convés na proa, os construtores navais projetam a borda falsa mais inclinada. Do espelho de popa até a meia nau, a borda falsa é mantida ortogonal ao convés, da meia nau até a roda de proa ela vai sendo inclinada para fora. Esse procedimento é conhecido como cordeamento da borda falsa e é visto na Figura 45.

Figura 45 – Cordeamento da borda falsa.



Fonte: Autor (2018).

Essa inclinação é feita pela experiência do construtor naval ou carpinteiro naval e muitas vezes está relacionada mais a um senso estético do que funcional.

4.5.6 Estrutural

A forma de estruturação e o processo de construção do barco, é ditada pela tradição da construção em madeira nas cidades de Itajaí e Navegantes, está ligada as técnicas de carpintaria herdadas de antecessores.

A topologia estrutural comumente adotada na construção de barcos de madeira, pelos construtores de Itajaí e Navegantes é visualizada, de acordo com a Figura 46 a., se tem uma visão da meia nau a proa e a Figura 46 b. da meia nau a popa do barco. Assim percebe-se o uso dos reforçadores longitudinais, como sobre-quilha, escoas e cintado interior, peças estruturais contínuas, que vão da roda de proa até o espelho de popa. O barco da Figura 46, está em

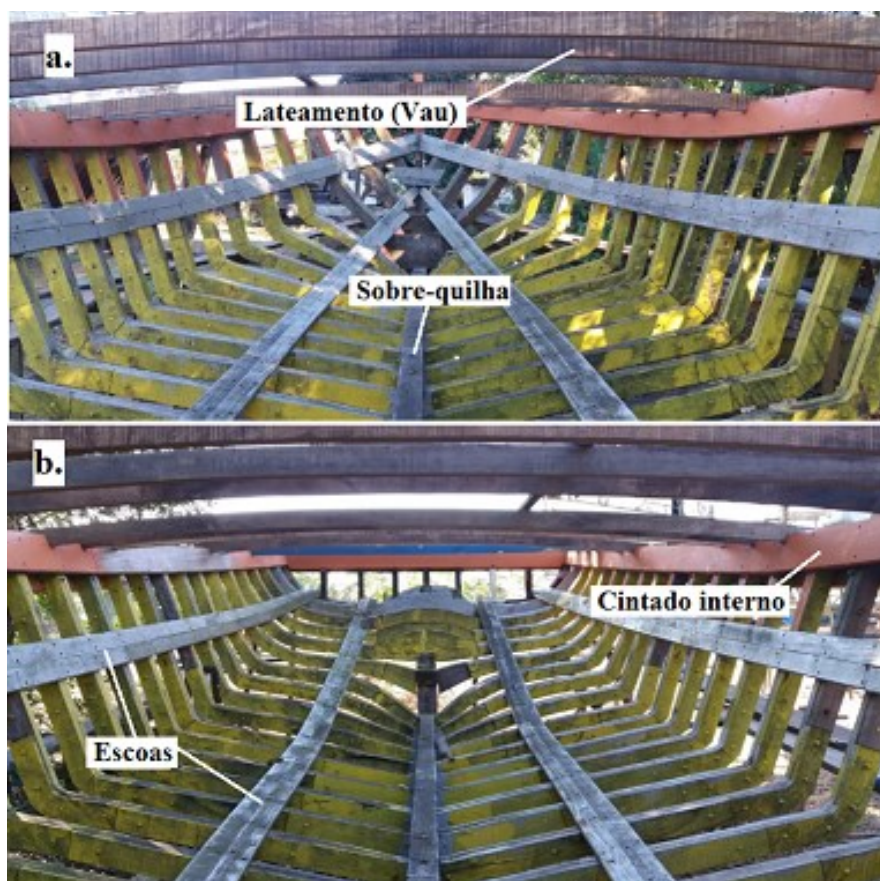
processo de construção e segundo os carpinteiros navais, ainda falta a colocação das sicordas e trincanizes, que é conhecida pelos construtores como tabica.

Ainda na Figura 46, há as cavernas e as vaus, que são os reforçadores transversais. Segundo os construtores navais o espaçamento entre cavernas não ultrapassa os 0,4 metros, independente do comprimento da embarcação.

Os construtores denominam de escoas, as tábuas dispostas geralmente em pares, de forma longitudinal, no interior do casco, de onde um par é posicionado mais próximo da quilha e outro conjunto entre o raio do bojo e o cintado, porém não há uma medida exata. O construtor naval José Olavo cita que, em embarcações acima de 25 metros, prefere adotar um conjunto com 3 tábuas ao invés de duas para as escoas.

Conforme explicado pelos construtores navais os reforçadores longitudinais possuem uma espessura maior do que as tábuas do costado.

Figura 46 – Reforçadores de uma embarcação com casco em madeira.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 47 a., mostra-se a união entre a quilha, as cavernas e sobre quilha. O dimensionamento da área transversal da quilha está em função do comprimento da embarcação, o construtor naval José Olavo, exemplifica que um pesqueiro com 20 metros, deverá ter uma quilha com área transversal com (400 x 250) milímetros.

O verdugo presente na Figura 47.b, apesar de fixado e ter 2/3 do comprimento do barco, não é considerada uma peça estrutural pelos construtores e a sua função principal é que seja uma espécie de defesa.

Figura 47 – Peças estruturais em um barco de madeira.



Fonte: Autor (2018).

Outra peça estrutural presente em alguns barcos de pesca, são os pés de carneiros, que servem para aumentar os pontos de apoio dos vaus e sicordas, ajudando a suportar cargas concentradas no convés. Na Figura 48, os pés de carneiros estão dispostos no compartimento de carga.

Os construtores navais entrevistados, usam seu conhecimento empírico, para o dimensionamento estrutural, adquirido ao longo dos anos. Sabendo que os pesqueiros estão se

afastando cada vez mais da costa, aumentando o tempo de viagem e conseqüentemente podendo vir a enfrentar condições de mar adversas, os construtores ao longo dos anos aumentaram a área de seção transversal da quilha. Também o número de escoas foi aumentado, bem como a espessura das tábuas do fundo e do costado do barco estão maiores do que era realizado a 40 anos.

Figura 48 – Pés de carneiro.



Fonte: Autor (2018).

Os tipos de madeira utilizadas para a construção dos barcos é o ipê e a grapia. Segundo os construtores e carpinteiros navais, o ipê tem a dureza e a resistência ao apodrecimento como característica principais, porém, é uma madeira pesada. Na década de 1980 o ipê era extraído no estado do Mato Grosso, atualmente ela vem do estado do Acre, aumentando o custo de transporte, além da sua escassez fazer elevar seu preço. Como solução, os construtores vêm utilizando a grapia, madeira com características inferiores, quando comparada com o ipê, porém, com valor de mercado menor.

5. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS

Neste capítulo são feitas as comparações e constatações entre os procedimentos projetuais empíricos dos construtores navais com os métodos e ferramentas atuais propostos na engenharia, considerando as normas das autoridades marítimas para o projeto de embarcações pesqueiras.

5.1 DIMENSÕES PRINCIPAIS

Na fase de projeto conceitual, conforme Schneekluth e Bertram (1998), são determinadas as principais dimensões do casco. Como visto em 2.3.1, uma das técnicas usadas para encontrar o comprimento, boca e pontal da embarcação é a realização de um banco de dados, com barcos que compartilham de características em comum, como: a missão, a rota e no caso de pesqueiros, a modalidade de pesca.

A escolha das dimensões, muitas vezes são restringidas pelos limites expostos em canais, podendo limitar o calado da embarcação, se a profundidade do local for pequena. (SCHNEEKLUTH E BERTRAM 1998).

Os valores de boca, pontal e calado adotados no projeto, segundo Watson (1998), estão ligados a fatores como estabilidade, resistência ao avanço e capacidade de carga. Visto que, quanto maior o calado em relação ao pontal, maior será a estabilidade da embarcação, quanto maior a relação boca/calado mais estável a embarcação. Valores de comprimento/boca altos tendem a diminuir a potência a ser instalada. Portanto, deve-se analisar essas relações, variando os valores e optar por aquela que atenda da melhor maneira a missão da embarcação e requisitos do armador.

Como visto no tópico 4.6.1, os construtores navais, utiliza-se de seu conhecimento empírico, para a determinação das dimensões principais. A escolha do comprimento da embarcação, na maioria das vezes é para atender a capacidade em volume de pescado embarcado, um dos principais requisitos do armador. A determinação da boca e pontal são determinados em função do comprimento e capacidade de carga, sendo que a escolha da boca e pontal, não podem afetar negativamente a estabilidade transversal do barco. Portanto, os

construtores utilizam-se das relações de comprimento/boca e comprimento/pontal, que segundo eles, garantem adequada estabilidade, porém os construtores não relacionam o comprimento/boca ou comprimento/calado com a resistência ao avanço.

Não se verificou nenhum entendimento, por partes dos construtores navais em adotar fatores de forma, como o coeficiente de bloco, conforme visto na seção 2.3.1. Segundo os entrevistados, conhecer esses valores, é irrelevante para eles.

5.2 DESENHO DO CASCO

Uma das técnicas empregadas para o desenho do casco da embarcação de acordo com Schneekluth e Bertram, é das curvas paramétricas. Tais curvas são geradas a partir da curva de área seccional, conforme visto em 2.3.2, de tal modo que atendam as características da embarcação projetada.

As técnicas utilizadas pelos construtores navais descritas nas seções 4.3.1 e 4.3.2 para obter o formato do casco são oriundas de seus conhecimentos empíricos. No momento em que estão elaborando, seja o modelo de meio bloco ou o desenho traçado a mão, por exemplo, eles têm noção aproximada da capacidade de carga daquele pesqueiro que está sendo projetado, devido sua experiência.

5.3 ARRANJO

O arranjo é decorrente da modalidade de pesca em que a embarcação vai operar. Geralmente, é o atributo em que o armador e sua tripulação têm mais influência, já que são eles que irão utilizar-se dos compartimentos e convés para a pesca. Fato descrito por Lamb (2003), e constatado pelos construtores navais entrevistados.

Conforme descrito na seção 2.3.4, o engenheiro/projetista deve se ater aos critérios de projeto estabelecidos pela Marinha do Brasil. Também os construtores navais têm essa consciência. Em algum momento eles tiveram acesso a essas informações e se adaptaram para atender aos requisitos das autoridades marítimas ao longo dos anos. Segundo os construtores antigamente, o conforto e a segurança a bordo não eram tão exigidos como os dias atuais.

Os construtores tiverem de conhecer questões como: localizações de anteparas, espaço nas acomodações, escadas, número de banheiros, entre outras exigências construtivas determinadas pela Marinha do Brasil, que são atendidas pelo construtor para que a embarcação não seja reprovada em vistoria e que não haja um retrabalho.

5.4 ESTABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE PESOS

Toda embarcação de pesca, para ser regularizada e atuar na pesca, deverá atender aos critérios de estabilidade para cada tipo de carregamento proposto. Essa análise deve ser realizada na fase de projeto, de forma a certificar-se que suas definições de geometria de casco atendam a Norman 01/DPC (2005), para embarcações que atuam em mar aberto. Portanto, os barcos de pesca, destinado a pesca industrial em atuação, devem atender a esses requisitos, descritos na seção 2.3.6.

A estabilidade estática das embarcações, é avaliada a partir da sua curva de estabilidade estática (CEE). Na engenharia naval, em fase conceitual de projeto, utiliza-se de um esboço da forma do casco e da estimativa do peso e do centro de gravidade para monitorar a estabilidade através da CEE. Conforme, o projeto vai evoluindo em seus detalhes, como: geometria do casco, estrutura e arranjo geral, realiza-se novas análises.

Na fase preliminar, todos os pesos presentes na embarcação devem ser listados e a localização de seus centros de gravidades longitudinal, vertical e transversal são estabelecidas, com estes dados, pode-se analisar altura metacêntrica, braço de endireitamento e certificar-se quanto as decisões de distribuição de peso da embarcação, tanto transversal, como longitudinalmente.

As embarcações elaboradas pelos construtores navais não costumam ser reprovadas pelos critérios exigidos. Os construtores adotam relações adimensionais sempre próximas, que são aprovadas empiricamente por tradição, porém eles não têm discernimento sobre conceitos usados para obter as curvas de estabilidade estática.

O que acontece na região, conforme mencionado pelos entrevistados, é que após a conclusão da embarcação, um engenheiro naval é contratado pelo armador, para fazer os cálculos e certificar-se que o barco projetado e construído pelo construtor naval atenderá aos critérios estipulados pela Marinha do Brasil.

5.5 SEAKEEPING

Segundo Bassler e Reed (data desconhecida), o amortecimento do movimento de *roll*, é sujeito a efeitos viscosos e a interação do navio com a superfície livre, vento e ondas apresenta um problema difícil de modelar com precisão. Para o dimensionamento das bolinas, conforme Ikeda et al. (1976), primeiro deve-se deduzir um método de previsão de amortecimento de *roll* para cada geometria de casco.

Na última década, de acordo com Ircal et al. (2014), pesquisadores realizaram estudos sobre o amortecimento utilizando bolina, com a ajuda de *Computational Fluid Dynamic* (CFD) e outros métodos numéricos simplificados para explicar os efeitos da viscosidade, portanto se analisa a amortização do movimento de roll, variando as dimensões e a inclinação da bolina no casco e assim adota-se a que resulte em melhor desempenho para a geometria de casco usada.

Para minimizar o arrasto hidrodinâmico, a bolina deve ser colocada em uma linha de fluxo d'água e suas extremidades devem ser afuniladas. Ikeda (2004), também detalhou melhorias em seu método para determinar a localização ideal para colocação das bolinas.

Os construtores navais, dimensionam a bolina, como visto na seção 4.6.5, usando conceitos que eles julgam adequados, desenvolvidos ao longo de suas experiências e perceberam por meio de erros e acertos uma forma de alocar a bolina no casco para ter um desempenho que eles caracterizam como bom.

A quantidade de água lançada sobre o convés na proa é evitada pelo procedimento explicado na seção 4.6.5, onde os construtores constroem a borda falsa inclinada para fora. Uma forma de amenizar a entrada de água no convés é o aumento da borda livre, no Anexo A mostrasse, segundo a Normam 01/DPC (2005), o procedimento para dimensionar a altura da borda livre.

5.6 ESTRUTURAL

De acordo com Watson (1998), a estrutura de uma embarcação deve ser dimensionada para atender todas as cargas que atuem sobre a mesma. Conforme descrito na seção 2.3.11, atualmente há duas formas para o engenheiro ou projetista fazer o dimensionamento estrutural, por meio das normas de sociedades classificadoras ou pela análise direta das cargas envolvidas, utilizando-se de teorias da mecânica dos materiais.

O construtor naval não emprega o uso de normas oriundas de sociedades classificadoras e nem de estudos para otimização do projeto estrutural, valendo-se somente de sua experiência e conhecimento empírico para o dimensionamento estrutural, visto em 4.6.6.

A Marinha do Brasil, não apresenta nenhuma proposta de cálculo ou formulação para dimensionamento estrutural. A Normam 01/DPC (2005), apenas exige o detalhamento da topologia estrutural adotada no barco.

5.7 RESISTÊNCIA AO AVANÇO

Na seção 2.3.8, são apresentados métodos usados na fase de projeto conceitual para estimar a resistência ao avanço da embarcação. Um exemplo, é o método de Van Oortmerssen (1971), uma análise de regressão, realizada a partir de modelos de rebocadores e pesqueiros em tanques de prova. A regressão resulta em uma expressão para a resistência ao avanço baseada em parâmetros disponíveis nas fases iniciais de projeto.

Quando há uma forma de casco predefinida, pode-se obter a resistência ao avanço por meio de programas de *Computational Fluid Dynamic* (CFD). O ensaio de um modelo em tanques de prova é utilizado em fases avançadas do projeto.

No processo de projeto empírico, realizado pelos construtores, não há estudo da resistência ao avanço, nem teórico na fase de projeto, nem em tanques de ensaio de arrasto com auxílio de modelos da embarcação.

5.8 PROPULSÃO E MOTORIZAÇÃO

O sistema de propulsão dos barcos de pesca é normalmente constituído por: motor principal, sistema de redução, transmissão e hélice. Segundo Trindade (2012), o desempenho do sistema propulsivo está associado ao desempenho individual de cada componente, mas também à interação entre eles e com o casco da embarcação.

Segundo Guesse (2016), o desempenho do hélice está relacionado com: sua capacidade de geração de empuxo, ou fornecimento de energia ao casco e com a potência por ele recebida. Como visto no tópico 2.3.9, o projeto e desenvolvimento de propulsores é realizado, até os dias atuais, empregando-se diagramas de desempenho de séries sistemáticas, oriundos de ensaios com modelos reduzidos realizados em túneis de cavitação.

Um dos diagramas mais empregados, de acordo com Guesse (2016), é o diagrama KT-KQ-J, que mostram as curvas de variação dos coeficientes de empuxo (KT), coeficiente de torque (KQ) e da eficiência do propulsor (η_h) em função do coeficiente de avanço (J). Cada diagrama mostra estas curvas para hélices com um determinado número de pás (Z), com um valor fixo da razão de áreas (A_E/A_0) e para diferentes valores da razão passo-diâmetro (P/D).

O conhecimento do desempenho dos hélices, representados por diagramas, combinado com o conhecimento da resistência ao avanço da embarcação, segundo Trindade (2012), permite o projeto ou a seleção do propulsor mais eficiente para mover a embarcação na velocidade desejada. Este processo é conhecido como integração casco-hélice.

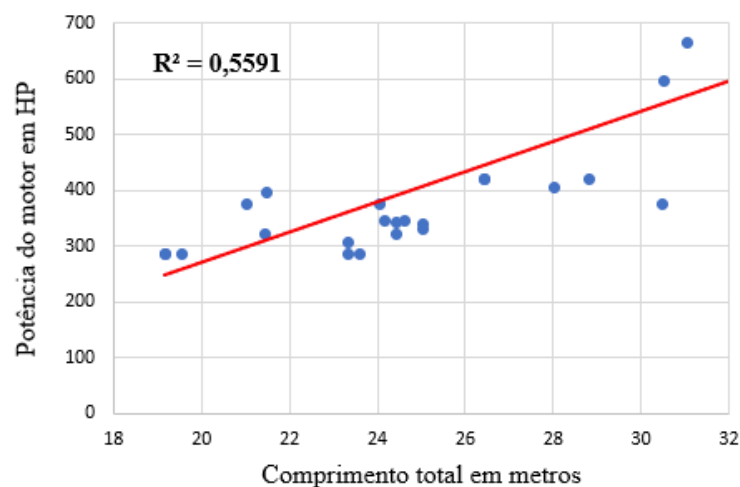
De acordo com os construtores, o armador contrata alguma empresa da região para o dimensionamento do propulsor. O dimensionamento do hélice é realizado a partir dos dados do motor, como: potência, rotação e a relação da redução. Método diferente do proposto pelos principais autores que tratam do assunto, isso, pode trazer eventual perda de rendimento ou super-motorização. Isso quando há uma análise entre motor-propulsor, segundo os construtores em alguns casos o armador compra o hélice em metalúrgicas da região, sem levar em consideração nenhum parâmetro de projeto além do diâmetro.

De acordo com Guesse (2016), conhecidos os valores de torque requerido e rotação de operação do hélice, pode-se determinar a potência que tem que ser entregue ao hélice, no caso a potência que o motor deve fornecer, considerando as perdas referentes ao casco, propulsor e eixo.

Sabendo-se a potência que o motor deve fornecer, analisa-se a curva do motor, fornecida pelo fabricante, verificando se o mesmo tem capacidade suficiente e rotação na qual ele deve operar e avalia-se o consumo de combustível do motor.

Para compreender a potência dos motores adotados nas embarcações de pesca, fez-se a elaboração de dois gráficos, com informações a respeito dos barcos destinados a pesca de cerco em Santa Catarina. Essa modalidade de pesca foi a única a apresentar um banco de dados consistente, com os dados de comprimento total e potência instalada de cada embarcação. No gráfico da Figura 49, são analisadas as traineiras com casco em aço. No gráfico da Figura 50 analisaram-se as traineiras construídas em madeira.

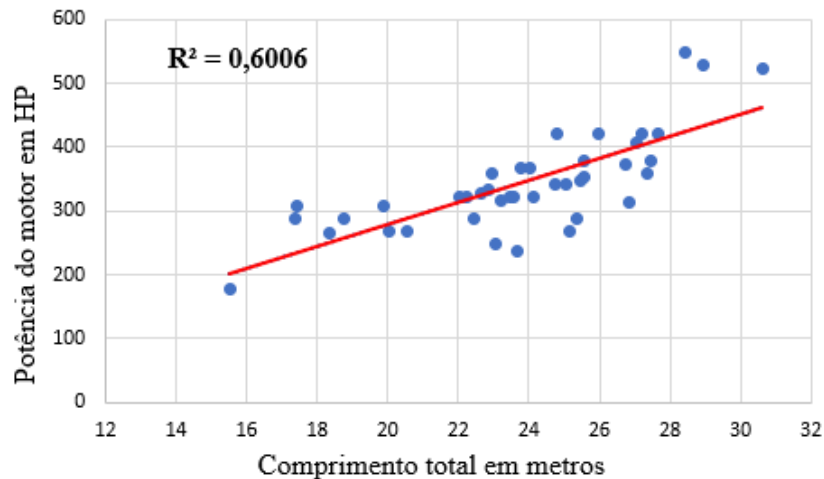
Figura 49 – Potência instalada na pesca de cerco em cascos de aço.



Fonte: GEP (2009).

Em ambos os casos, foi adicionada uma linha de tendência linear, para analisar a correlação entre as variáveis.

Figura 50 - Potência instalada na pesca de cerco em cascos de madeira.



Fonte: GEP (2009).

Encontrou-se valores díspares de motorização, talvez relacionado ao dimensionamento empírico, portanto o coeficiente de determinação (R^2), em ambos os gráficos é considerado baixo, podendo significar a falta de critério no dimensionamento dos motores, devido há não verificação do arrasto da embarcação. No gráfico da Figura 49, uma embarcação de aço com aproximadamente 21,0 metros possui a mesma potência do motor de uma embarcação com 28,0 metros de comprimento total, em torno de 400 HP.

Os construtores navais, citaram que em alguns casos, o armador já faz opção pela potência do motor a ser instalada antes do início da construção. No entanto, como os construtores têm experiência, na escolha da potência da motorização, tendo já experimentado erros e acertos nesta escolha, na maioria dos casos, eles, auxiliam na escolha da motorização. Mas desconhecem qualquer método usado na engenharia para dimensionar e escolher de forma otimizada a motorização.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo, possibilitou uma análise das técnicas projetuais usadas pelos construtores navais das cidades de Itajaí e Navegantes, na construção de pesqueiros, verificando-se um grande contraste com a metodologia proposta pela engenharia na elaboração de projetos de embarcações pesqueiras.

Ao realizar as visitas nos estaleiros locais, que se dedicam a construção e reforma de barcos de pesca, foi possível descobrir os nomes dos principais construtores navais, que nas últimas décadas se dedicaram a projetar e construir as embarcações pesqueiras da região. Alguns nomes de construtores citados estavam impossibilitados de conceder entrevistas por motivos de doença ou falecimento, porém, encontrou-se dois construtores navais em atividade e dispostos a conceder a entrevista.

Através das entrevistas, compreendeu-se as técnicas usadas por cada um dos entrevistados. Os construtores navais utilizam de procedimentos distintos para elaborar o plano de linhas, com diversos critérios oriundos de seus conhecimentos herdados de antecessores ou empíricos adquiridos ao longo da profissão. Com a explicação dos construtores, descreveu-se os procedimentos que eles usam.

Nas últimas décadas, houve mudanças no projeto das embarcações de pesca, construídas em Itajaí e Navegantes, principalmente em relação ao aumento das dimensões principais para atender aos requisitos do armador. Também se deixou de construir barcos com popa de cruzador ou elíptica e passaram a adotar a popa *transom*, conhecida pelos construtores como popa reta.

Compreendeu-se que há uma grande lacuna entre o processo empírico do construtor naval com os métodos e ferramentas encontrados na engenharia para o desenvolvimento do projeto. Os construtores aprenderam as técnicas no início de suas carreiras e com a experiência adquirida ao longo da profissão mais a criatividade, puderam encontrar soluções, que eles julgam estarem corretas.

As entrevistas, atenderam aos objetivos propostos, fornecendo elementos que possibilitaram o entendimento das técnicas e métodos artesanais de projeto usados pelos construtores navais da região.

Percebeu-se que os construtores além do conhecimento herdado de seus antecessores, eles evoluíram suas técnicas e métodos conforme recebiam relatos dos armadores de como a embarcação se comporta em sua missão, portanto ao longo dos anos por meio de tentativas e erros, da percepção e criatividade, esses construtores puderam desenvolver soluções que segundo eles funcionam e assim, atendem aos requisitos do armador e critérios das normas das autoridades marítimas.

Devido a pesquisa tratar-se de um assunto extenso, algumas sugestões para trabalhos futuros que possam contribuir para a frota de embarcações do setor pesqueiro de Santa Catarina são propostas, como:

- Análise estrutural dos barcos de pesca construídos em madeira ou aço, verificando a possibilidade de melhorar o dimensionamento estrutural desses pesqueiros;
- Estudo da distribuição de pesos e estabilidade longitudinal dos barcos de pesca da região de Itajaí e Navegantes, para evitar o uso de lastros nas embarcações;
- Análise da resistência ao avanço dos cascos construídos pelos construtores navais;
- Avaliação da estabilidade das embarcações de pesca elaboradas pelos construtores da região, em função das geometrias dos cascos, dimensões principais e dos arranjos tipicamente utilizados nas principais modalidades de pesca praticadas;

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. **Arquitetura Naval - O dimensionamento do navio**, Lisboa: Prime Books, 2009.

ANDRADE, H. A. **A produção da pesca industrial em Santa Catarina**. Itajaí; 1998.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8035: arquitetura naval**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

Bassler, C. C. & Reed, A. M., 2009, **An analysis of the bilge keel roll damping component model**, The 10th International.

BERTRAM, V. **Practical ship hydrodynamics**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.

Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina - ano 2003: ações prioritárias ao desenvolvimento da pesca no Sudeste e Sul do Brasil \ Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do mar. – Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2004.
Disponível em: http://siaiacad04.univali.br/?page=estatistica_boletins>. Acesso em: 06 mar. 2018.

BRASIL. Constituição (1998). **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder executivo. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 03 março. 2018.

DIAS N., J.; MARRUL F. S. **Síntese da situação de pesca extrativa marinha no Brasil**. Brasília, 2003.

DOANE, C. **Boats & gear**: wood boat construction: practical and traditional. 2013.
Disponível em: <<http://www.wavetrain.net/boats-a-gear/432-wood-boat-construction-practical-and-traditional>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

DOKKUM, K.V. **Ship knowledge**. English, 5th edition, 2008.

EVANS, J. H. Basic design concepts. **Journal of the american society for naval engineers**, v. 71, n. 4, 1959.

EYRES, D. J.; BRUCE, George J. **Ship construction**. Butterworth-Heinemann, 2012.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FONSECA, Maurílio M. **Arte naval**. 6. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

GEP. **Lista de frotas**. Disponível em:
<http://siaiacad04.univali.br/?page=conheca_frotas_lista>. Acesso em: 08 setembro. 2017.

GRUBISIC, I. **Reliability of weight prediction in the small craft concept design**. Zagreb: University Of Zagreb, 2009.

GUESSE, L. C. **Desempenho propulsivo de embarcações de pesca: estudo aplicado à melhoria das embarcações do Espírito Santo**. 2016. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

HAMLIN, N A., Goldberg, L. **Principles of naval architecture**, Capítulos 1 e 2, Lewis, E., Jersey City, NJ., 1988,

HAMMIT, A. G. **Technical yacht design**. Londres: Adlard Coles Nautical, 1975.

IKEDA, Y., 2004, **Prediction methods of roll damping of ships and their application to determine optimum stabilization devices**. Marine Technology, vol. 41(2)

IRKAL, M. et al. **Experimental and cfd simulation of roll motion of ship with bilge keel**. India: Indian Institute Of Technology Madras, 2014.

LAMB, T.s. **Ship design and construction**. 4. ed. Nova Iorque: Sheridan Books, 2003.

LARSSON, L. E. R. **Principles of yacht design**. 2. ed. Londres: A&C Black, 2000.

LINDENMEYER, P. M. **Paisagens culturais brasileiras rumo a Navegantes: a construção naval e a cidade: uma história navegante**. São Paulo: Arquitetos, 2014.

LINS, P. M. O. **Técnico em pesca e aquicultura: tecnologia pesqueira**. Pará, 2011.

MACHADO, J. M. P. **O desenvolvimento da construção naval em Itajaí, Santa Catarina, uma resposta ao mercado local.** 1979. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em História, Departamento de História, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAES, P. R. **A construção naval - I.** 2013. Disponível em:
<<https://clubedosentaitajai.blogspot.com.br/2013/02/a-construcao-naval-i.html?m=1>>.
Acesso em: 27 mar. 2018.

MAN. **Basic principles of ship propulsion,** 2010. Disponível em:
<http://www.mandieselturbo.com>. Acesso em: 03 mai. 2018.

MANEN, J.d.; OOSSANEN, P. **Propulsion. principles of naval architecture: resistance, propulsion and vibration.** 2. ed. (s.d.): Sname, 1988.

MANNING, S. **Using a half model to design a ship.** 2012. Disponível em:
<<http://www.penobscotmarinemuseum.org/pbho-1/collection/using-half-model-design-ship>>.
Acesso em: 23 abr. 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa.** 7. ed. São Paulo: Atlas S.a. 2010.

NATAL. Marinha do Brasil. Base Naval (Comp.). **Divisão marítima.** 2016. Disponível em:
<<https://www.marinha.mil.br/bnn/maritima>>. Acesso em: 23 maio 2018.

NEVES, M. A. S.; CIPRIANO, William M. **Maniobrabilidad de buque pesquero.** 2000. 19 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Engenharia Oceânica - Coppe / Laboceano, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

NORMAM. **Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação em mar aberto.** Rio de Janeiro, 2005.

OMODAKA. Japan Hamworthy & Co. Omodaka Bldg. **The fish tail rudder: proven at sea to outperonrm all other high performance rudders.** 2013. ed. Japan: Izamu, 2013.

PEREZ, T.; BLANKE, M. **Ship Roll Motion Control.** 2012. 12 f. Monografia (Especialização) - Curso de School Of Engineering, Discipline Of Mechanics And Mechatronics, The University Of Newcastle, Callaghan, 2012. Disponível em:
<http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:58763/datastreams/file_4663353/content>. Acesso em: 03 maio 2018.

RANDALL, e. **Wooden boat construction 1**. 2001. Disponível em:
<<http://www.jimsboats.com/webarchives/2001/15jun01.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

RAWSON, K.j.; TUPPER, E.c. **Basic Ship Theory**. 5. ed. Oxford: Butterworth, 2001.

REVISTA SINDIPI: **Boletins estatísticos da pesca industrial são lançados com o apoio do Governo Estadual**. Itajaí. 2013. Disponível em:
http://issuu.com/jessicam.feller/docs/sindipi_60_web>. Acesso em: 27 abril. 2018.

Safo tecnologia naval: **Planos de arranjo geral**. Itajaí, 20 dez. 2016.

SÁNCHEZ, L. T. A. **Evaluación hidrodinámica de FPSOs ante diferentes configuraciones geométricas del casco**. 2011. 198 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Veracruzana, Cidade de Boca del Río, 2011.

SCHNEEKLUTH, H.; BERTRAM, V. **Ship design for efficiency and economy**. 2. ed. Oxford: Plc Group, 1998.

SINDARPA E SINDARMA. CDFFM (Org.). **Projeto de embarcações para o transporte interior de passageiros e cargas: metodologia e critérios**. manual do usuário. Belém: IPT/DINAV, 1988.

TAGGART, R. **Ship design and construction**. Nova Iorque: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1980.

TANCREDI, T. P. **Pesos e centros: análise de pesos do navio**. 08 aug. 2016, 01 dec. 2016. Notas de Aula.

TRINDADE, J. **Hidrodinâmica e propulsão**. Lisboa: ENIDH, 2013.

Tuna fisheries in the south west indian ocean. Disponível em
<http://www.fao.org/docrep/field/255095.htm>. Acessado em 18 abril 2018.

TUPPER, E. C.; RAWSON, K. J. **Basic ship theory vol. 2: Ship Dynamics and Design**. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.

WATSON, D. G. M., **Practical ship design**, Elsevier Science & Technology Books, 1998.

APÊNDICE A

Questionário

- Nome do entrevistado;
- Tempo exercendo a profissão;
- Quantidade de barcos projetados/construídos; (média).
- Quais são os principais requisitos exigidos pelo armador? (exemplo: capacidade de pescado).
- Qual a relação de comprimento/boca adotado (Pontal)?
- É realizado um desenho dos planos de linhas, rascunho?
- Adota-se a confecção de maquetes, para avaliar as curvas, a forma do pesqueiro?
- Qual o primeiro passo ao iniciar os traços da embarcação?
- Como a seção mestra é desenhada? (raio de bojo, altura);
- Como as demais seções são dimensionadas?
- Segue-se sempre o mesmo padrão?
- O virote é utilizado para dar forma (carenamento do pesqueiro)?
- Como é definido a curva da linha de convés, a linha de tosado? (sheer line);
- Qual o tipo de popa utilizada no projeto? Por quê?
- A mesma linha de casco é adotada em todas as modalidades de pesca?
- Pesqueiros com casaria (superestrutura) na proa, caso das embarcações voltadas para o cerco e atuneiros, a forma da proa é diferenciada dos barcos com casaria na popa.? De qual maneira?
- A divisão dos compartimentos (praça de máquinas, porão para armazenar os pescados) é feita de qual forma?
- Estabilidade transversal, uso da bolina.
- Há necessidade de colocar algum tipo de lastro para corrigir a inclinação? (trim).
- Houve alteração na linha de casco dos pesqueiros construídos há 30 anos para atender alguma norma, requisito, exigência? Qual?
- Há alguma característica no projeto que você (senhor) adota que os demais carpinteiros da região não usam? Qual? Por quê?

Anexo A - NOTAS PARA MARCAÇÃO DA BORDA-LIVRE NACIONAL (NAVEGAÇÃO DE MAR ABERTO)

NOME DA EMBARCAÇÃO:

ARMADOR:

TIPO DE SERVIÇO: PORTO DE INSCRIÇÃO:

ARQUEAÇÃO BRUTA: INDICATIVO DE CHAMADA:

1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE NAVEGAÇÃO

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE OPERAÇÃO: _____

2 - CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE EMBARCAÇÃO

DESCRIÇÃO DO TIPO DE EMBARCAÇÃO: _____

3 - DETERMINAÇÃO DA ALTURA MÍNIMA DE PROA (HP)

- Comprimento Total (CT)= m

- Altura Mínima de Proa (HP)

CT ≤ 24 m: HP = 43 x CT + 310 ⇒ HP =

CT > 24 m: HP = 48 x CT + 190 ⇒ HP =

4 - DETERMINAÇÃO DO PONTAL PARA BORDA-LIVRE (D)

- Pontal Moldado (P)= m

- Espessura do Trincaniz (e)= m

- Espessura Média do revestimento de madeira do convés (t)= m

- Comprimento Real das Superestruturas (Total) (S)= m

- Comprimento de regra (L)= m

- $D = P + e + ((L - S) / L) \times t = m$

onde:

L = Comprimento de Regra, conforme definido na Regra 3(1) da CILC (66), em m; e

S = Comprimento da Superestrutura, conforme definido na Regra 3(10)(d) da CILC(66), em m.

Obs.: Caso a embarcação possua trincaniz arredondado de raio superior a 4% da Boca o Pontal para Borda-Livre deverá ser corrigido de acordo com o estabelecido na Regra 3 (6) (b) da CILC (66)

5 - CÁLCULO DA BORDA-LIVRE

- BL (de acordo com o procedimento constante no item 0708 a)= mm

() valor calculado maior ou igual a 100 mm; usar esse valor.

() Valor calculado menor do que 100 mm; adotar BL = 100 mm.

6 - VERIFICAÇÃO DO CALADO MÁXIMO ATRIBUÍDO

- calado máximo na borda-livre calculada = D - BL= m

- calado máximo permissível que a embarcação pode navegar em função de limitações de resistência estrutural, estabilidade intacta ou quaisquer outras restrições estabelecidas pelo projetista: m

Anexo B - O modelo de meio bloco citado no trabalho, foi emprestado pela família de Arizon da Silva, construtor naval da cidade de Itajaí.



Anexo C – Rascunho do plano de linhas elaborado pelo construtor naval César Coelho da cidade de Navegantes.

