



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

## **SOLUÇÃO DE DOCAGEM PARA ESTALEIRO DE REPARO DE EMBARCAÇÕES DE APOIO OFFSHORE**

Marcos de Oliveira Dias Valladão

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

Orientadora: Marta Cecilia Tapia Reyes

Rio de Janeiro

Março de 2016

# **SOLUÇÃO DE DOCAGEM PARA ESTALEIRO DE REPARO DE EMBARCAÇÕES DE APOIO OFFSHORE**

MARCOS DE OLIVEIRA DIAS VALLADÃO

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

Examinado por:

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Marta Cecilia Tapia Reyes

---

Prof. D. Sc. Julio Cesar Ramalho Cyrino

---

Prof. D. Sc. Severino Fonseca da Silva Neto

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2016

Valladão, Marcos de Oliveira Dias

Solução de Docagem para Estaleiro de Reparo de Embarcações de Apoio Offshore/ Marcos de Oliveira Dias Valladão - Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2016

XII, 83 p.: il.: 29,7 cm.

Orientador: Marta Cecilia Tapia Reyes

Projeto de Graduação - UFRJ/ POLI/ Engenharia Naval e Oceânica, 2016.

Referências Bibliográficas: p.75.

1.Reparo Naval 2.Docagem 3.Estaleiro 4. Embarcações de Apoio Offshore. I. Tapia Reyes, Marta Cecilia. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Naval e Oceânica. III. Solução de Docagem para Estaleiro de Reparo de Embarcações de Apoio Offshore.

## DEDICATÓRIA

*À memória de  
meu avô Maurício Valladão  
e de meu bisavô Mauro Valladão,  
cujas mentes criativas e espírito de servir  
me inspiraram por toda a caminhada para a  
formação como Engenheiro.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Geórgia e Maurício, que me proporcionaram a oportunidade de obter minha formação, sendo provedores de conforto, carinho e atenção incondicionais.

À minha avó Marília, grande incentivadora de minhas escolhas e fonte de infinito amor.

À toda minha família, sempre presente nos momentos de luta e de alegria, me lembrando que, não importando para onde eu navegue, sempre terei um porto-seguro.

À querida Andréia e familiares, que me receberam no Rio de Janeiro com carinho e atenção, se tornando uma segunda família.

Aos grandes amigos de Carangola, companheiros fiéis por longos anos de amizade forte e duradoura.

Aos amigos da Republica, companheiros na vida longe do conforto familiar e parceiros de momentos de diversão.

Aos amigos da Naval, que me fizeram entender que remando junto se chega mais longe.

À Confraria dos Acadêmicos da Naval, que me permitiu trabalhar em torno de um propósito comum, ampliando as amizades e trazendo experiência e maturidade.

À todos os professores da Engenharia Naval da UFRJ, que se dedicam no dia-a-dia para proporcionar um ensino de excelência.

À Professora Marta Tapia, pela atenção como orientadora e pela enorme dedicação no ensino da Engenharia Naval.

Aos colegas engenheiros navais Sandra e Juan, pela ajuda e orientação na execução deste trabalho.

À Marinha do Brasil e ao estaleiro Dock Bras, pelo tempo e atenção cedidos nas visitas e entrevistas que compõem este trabalho.

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

## **SOLUÇÃO DE DOCAGEM PARA ESTALEIRO DE REPARO DE EMBARCAÇÕES DE APOIO OFFSHORE**

Marcos de Oliveira Dias Valladão

Março/2016

Orientadora: Marta Cecília Tapia Reyes

Curso: Engenharia Naval e Oceânica

Um breve estudo das condições do mercado offshore brasileiro mostra que o aumento da frota de embarcações de apoio offshore em operação traz consigo um aumento na demanda por docagem para manutenção e reparo. Junto a isso vem a pouca oferta de estaleiros de reparo no país, mostrando a viabilidade da implantação de novos empreendimentos do tipo.

Neste contexto, esse Projeto de Graduação propõe uma solução de docagem para um estaleiro de reparo de embarcações de apoio offshore. É feita ampla pesquisa que visa entender as principais causas de reparo e o escopo de atividades realizadas. Também são estudadas as características técnicas e operacionais das embarcações de apoio offshore. É feito um estudo das diferentes alternativas de docagem, com seus diversos aspectos. Para embasar a pesquisa, foram realizadas visitas técnicas e entrevistas em estaleiros.

Finalmente, através de uma metodologia própria de tomada de decisão, foi selecionada uma solução de docagem e proposto um arranjo básico para um estaleiro de reparo, considerando os fluxos de atividades de reparo realizadas, além da definição dos equipamentos e oficinas necessários.

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

## **DRY DOCK SOLUTION FOR AN OFFSHORE SUPPLY VESSELS' REPAIR SHIPYARD**

Marcos de Oliveira Dias Valladão

Março/2016

Advisor: Marta Cecília Tapia Reyes

Graduation: Naval Engineering

A short review of the Brazilian offshore market conditions shows that the rise on the offshore supply vessels fleet in operation comes together with an increase in demand for dry docking for maintenance and repair. Combined to this there is the low offer of repair shipyards in Brazil, indicating the implantation feasibility of new ventures of this kind.

In this context, this Graduation Project proposes a dry dock solution for an offshore supply vessels' repair shipyard. A large research is made aiming the understanding of the main repair causes and its scope of work. Also are studied the technical and operational particulars of the offshore supply vessels. The dry docking alternatives are studied within their different aspects. To support the research, visits and interviews to shipyards were done.

Finally, through an own decision taking methodology, one dry dock solution was selected and a lay-out for the repair shipyard was proposed, considering the workflow of the repair activities, in addition to the workshops and equipment definition.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Estaleiros de reparo no Brasil.....	5
1.2 Motivação e Execução do Trabalho .....	7
2 SOBRE AS ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS.....	8
2.1 As Causas de Reparo e Docagem .....	8
2.2 Sobre as vistorias de classe.....	11
2.3 Itens Gerais em Reparo Naval.....	12
3 SOBRE A PESQUISA REALIZADA PARA EXECUÇÃO DO PROJETO .....	19
3.1 Entrevistas com Estaleiros.....	19
3.1.1 Estaleiro – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro .....	20
3.1.1.1 Tópicos relevantes registrados.....	22
3.1.2 Estaleiro – Dock Bras (Dique flutuante) .....	26
3.1.2.1 Tópicos relevantes registrados.....	28
3.2 Características no Reparo de Embarcações de Apoio Offshore .....	33
3.2.1 Sistema propulsivo .....	33
3.2.2 Carga no convés .....	35
3.2.3 Tanques de carga sólida.....	37
3.2.4 Sistema de combate a incêndio (Fire-fighter).....	37
3.2.5 Sistemas e equipamentos específicos de determinadas classes de embarcações.....	38
4 SOLUÇÃO DE DOCAGEM.....	41
4.1 Alternativas de docagem .....	41
4.1.1 Dique seco .....	42
4.1.2 Dique flutuante .....	45
4.1.3 Docagem sobre trilhos ( <i>Marine Railways</i> ).....	50
4.1.4 Syncrolift (Vertical lifts) .....	53
4.1.5 Hydrolift .....	55
4.2 Escolha da Alternativa de Docagem.....	58
4.2.1 Os Pesos e Graus de Qualidade .....	59
4.2.2 Fatores de Docagem e Pesos Aplicados .....	59
4.2.3 Graus de Qualidade atribuídos à adequação de cada alternativa de docagem em relação aos fatores de docagem .....	61

4.2.4	Matriz de Decisão – Alternativas x Fatores.....	62
5	PROJETO DO ESTALEIRO .....	63
5.1	Premissas do Projeto do Estaleiro .....	63
5.2	Equipamentos e Oficinas Necessários.....	64
5.3	Fluxo dos Trabalhos de Docagem e Reparo.....	69
5.4	Detalhes do Projeto.....	73
5.5	Arranjo Básico do Estaleiro.....	74
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
7	ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA AO AMRJ .....	77
8	ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA AO ESTALEIRO DOCK BRAS.....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Plano de negócios e gestão 2014-2020 da Petrobras .....	1
Figura 1.2 - Plano de Atividade das Plataformas até 2020.....	2
Figura 1.3 - Distribuição por tipo de embarcação .....	3
Figura 1.4 - Evolução da frota total de apoio marítimo.....	3
Figura 1.5 - Distribuição por tipo de navio .....	4
Figura 2.1 - Eventos na vida do navio .....	8
Figura 2.2 - Etapas de reparo de navio avariado .....	10
Figura 2.3 - Arranjo de picadeiros em Dique Seco .....	13
Figura 2.4 - Rebocador auxiliando operação de docagem.....	14
Figura 2.5 - Jateamento do casco .....	14
Figura 2.6 - Retirada de eixo propulsor.....	15
Figura 2.7 - Amarras em estado avançado de corrosão .....	15
Figura 2.8 - Chapeamento e reforçadores com corrosão .....	16
Figura 3.1 - Docagem do Porta-aviões São Paulo (A12) no AMRJ .....	20
Figura 3.2 - Porta-batel do dique “Alte Régis” .....	22
Figura 3.3 - Vedante da porta-batel.....	23
Figura 3.4 - Dique "Alte Régis" preparado para docagem de três navios .....	24
Figura 3.5 - Detalhe da docagem da corveta "Barroso", no dique seco “Alte Jardim”, mostrando apêndice no casco posicionado entre picadeiros .....	25
Figura 3.6 - Submarino docado no dique "Santa Cruz", sob telhado da cobertura .....	26
Figura 3.7 - PSV sob reparo no dique "Dockshore I" .....	28
Figura 3.8 - Passarela articulada na vante do "Dockshore I" .....	29
Figura 3.9 - Piscina para retirada de propulsores e apêndices - "Dockshore I" .....	32
Figura 3.10 - PSV com linha de eixo .....	34
Figura 3.11 - Sistema Diesel-elétrico .....	34
Figura 3.12 - Bow thruster.....	35
Figura 3.13 - Propulsor azimutal .....	35
Figura 3.14 - Convés principal carregado .....	36
Figura 3.15 - Guindastes convencionais.....	36
Figura 3.16 - PSV com ponte rolante .....	37
Figura 3.17 - Tanques de cimento em PSV .....	37
Figura 3.18 - Sistema de combate a incêndio .....	38
Figura 3.19 - Navio PLSV com diversos sistemas e equipamentos específicos .....	38
Figura 3.20 - Moonpool em embarcação RSV .....	39

Figura 3.21 - Guincho de navio AHTS .....	40
Figura 3.22 - Navio tipo AHTS com A-Frame.....	40
Figura 4.1 - Alagamento de Dique Seco .....	42
Figura 4.2 - Construção de um dique seco .....	43
Figura 4.3 - Dique flutuante com picadeiros .....	45
Figura 4.4 - Esquema de um dique flutuante.....	47
Figura 4.5 - Marine railways .....	50
Figura 4.6 - Esquema de docagem sobre trilhos.....	51
Figura 4.7 - Vertical lift.....	53
Figura 4.8 - Esquema de um Vertical lift .....	54
Figura 4.9 - Hydrolift - Estaleiro Lisnave em Lisboa (Portugal) .....	55
Figura 4.10 - Detalhe de um dique do Hydrolift, situado acima do nível do solo.....	56
Figura 4.11 - Hydrolift com sua eclusa alagada .....	58
Figura 5.1 - Picadeiro de concreto e madeira .....	66
Figura 5.2 - Picadeiro de aço e madeira .....	66
Figura 5.3 - Ponte rolante .....	67
Figura 5.4 - Guindaste com braço simples .....	68
Figura 5.5 - Guindaste sobre rodas.....	68
Figura 5.6 - Empilhadeira.....	69
Figura 5.7 - Fluxo de trabalhos - Geral .....	70
Figura 5.8 - Fluxo de trabalhos - Trabalhos a seco versus Trabalhos no cais .....	71
Figura 5.9 - Fluxo de trabalhos - Final .....	72
Figura 5.10 - Arranjo básico do estaleiro .....	74

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-1 - Dimensões principais médias entre 5 navios .....	5
Tabela 1-2 - Estaleiros de reparo no Brasil .....	6

# 1 INTRODUÇÃO

A demanda por embarcações de apoio offshore é consequência da função do navio que se baseia em dar suporte técnico (servir) às plataformas de exploração e produção. Isso indica que o crescimento na indústria de exploração offshore acarretará sempre em maior necessidade de operação tais navios.

A última década tem sido marcada pelo grande crescimento da produção offshore de petróleo e, especialmente no que se refere ao mercado brasileiro, pelas descobertas de reservas em águas ultra profundas. A camada de pré-sal, que detém essas reservas, tem campos localizados em regiões ainda mais distantes da costa, o que afeta muito a operação das plataformas.

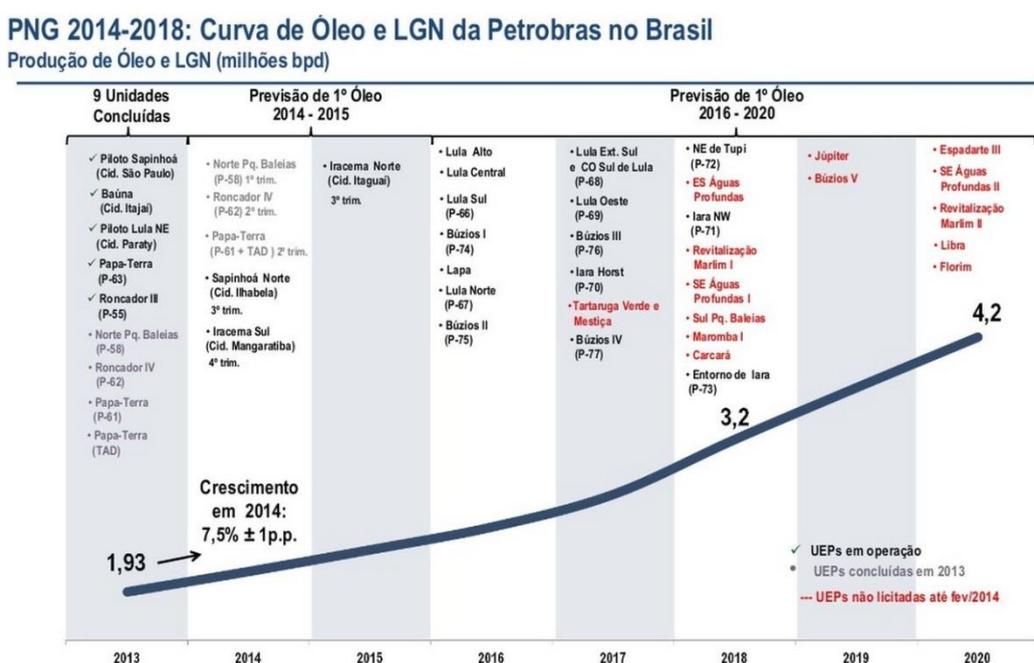


Figura 1.1 - Plano de negócios e gestão 2014-2020 da Petrobras

Plataformas de exploração e produção necessitam de embarcações de apoio para diversos fins, como: suprimento de combustível, fluidos de perfuração e exploração, equipamentos, provisões etc. Portanto, o anúncio dos planos de aquisição de plataformas pela Petrobrás, empresa de energia, movimentou o mercado de construção naval com o objetivo de ofertar novas embarcações de apoio. A figura 5 mostra as novas unidades de operação da Petrobras que entrarão em atividade até 2020.



A maior parte deles tem forma e características básicas similares, mas cada um com certas funções específicas que acarretam em sistemas e equipamentos especiais.

Em dezembro de 2014 a frota de apoio marítimo em operação em águas brasileiras totalizava 500 embarcações [1]. A distribuição entre tipo de navio era a seguinte:

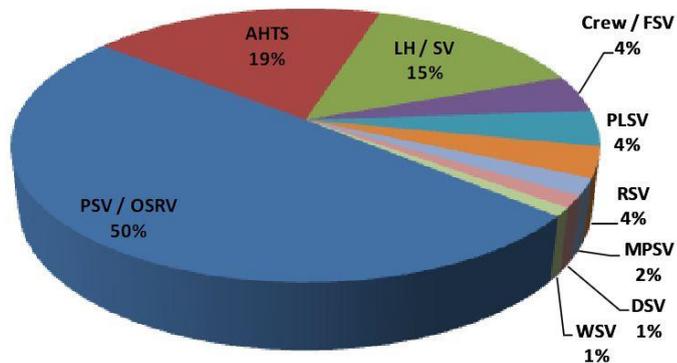


Figura 1.3 - Distribuição por tipo de embarcação

Há também uma divisão entre navios de bandeira brasileira, somando 243, e embarcações de bandeira estrangeira, somando 257 navios. Ao longo dos últimos anos notou-se a tendência de maior participação de navios de bandeira brasileira, conforme mostrado na figura que segue.

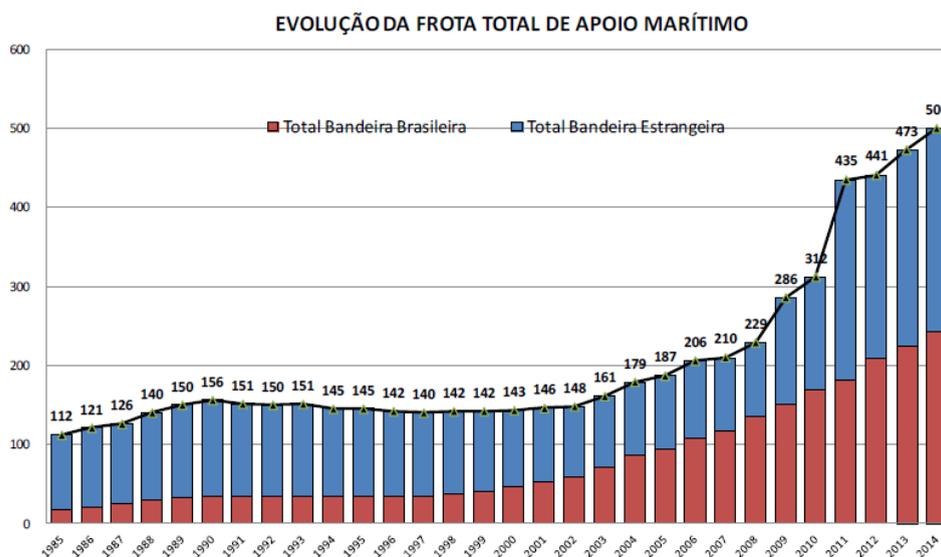


Figura 1.4 - Evolução da frota total de apoio marítimo

O gráfico abaixo mostra a distribuição do número de navios por tipo, levando em conta as especificidades de potência ou capacidade para certos tipos de navio e mostrando quais estão presentes em maior número no mercado brasileiro.

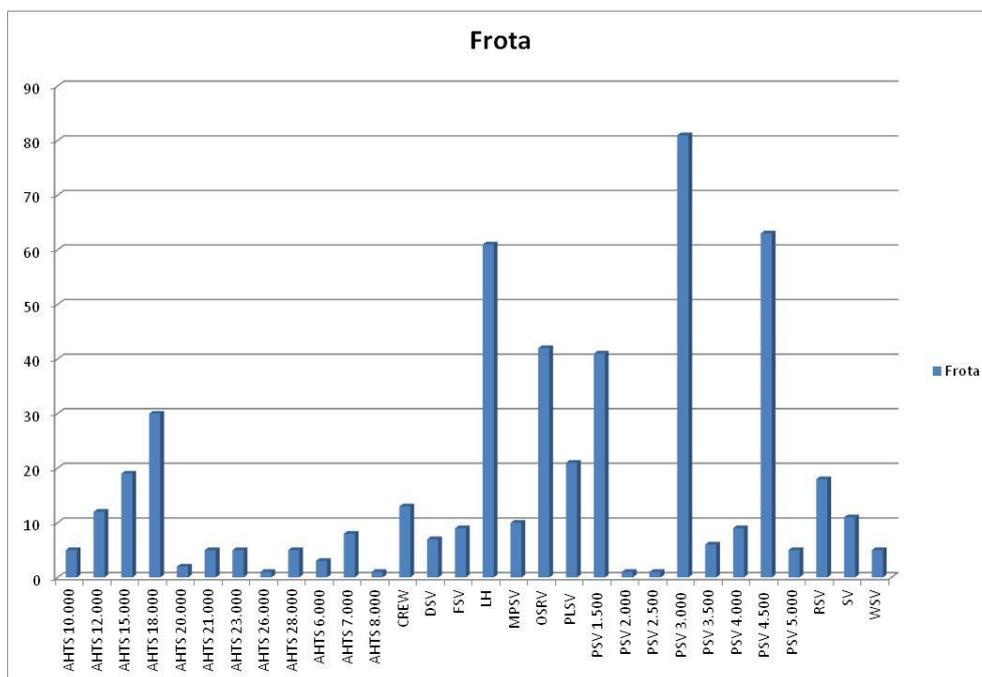


Figura 1.5 - Distribuição por tipo de navio

Para os navios atuando no Brasil foi feita uma análise das dimensões principais de cada tipo de embarcação. É feita uma média entre os valores de comprimento total (LOA), boca (B) e pontal (D). Essa análise considera 5 embarcações diferentes para os tipos de navios mais frequentes. Os tipos analisados foram: AHTS 15.000, AHTS 18.000, AHTS 28.000, DSV, FSV, LH, MPSV, OSRV, PLSV, PSV 1.500, PSV 3.000, PSV 4.500, PSV 5.000, RSV e SV.

A tabela abaixo mostra os valores médios encontrados.

Tabela 1-1 - Dimensões principais médias entre 5 navios

<i>Tipo de navio</i>	<b>LOA médio (m)</b>	<b>B médio (m)</b>	<b>D médio (m)</b>
<b>AHTS 15.000</b>	76,9	17,3	7,2
<b>AHTS 18.000</b>	80,9	18,6	8,1
<b>AHTS 28.000</b>	91,0	22,0	9,6
<b>DSV</b>	117,6	22,4	10,1
<b>FSV</b>	51,4	9,7	3,7
<b>LH</b>	33,9	8,9	3,7
<b>MPSV</b>	113,1	22,1	8,4
<b>OSRV</b>	63,7	14,8	6,3
<b>PLSV</b>	136,2	27,5	11,2
<b>PSV 1.500</b>	62,0	13,8	5,7
<b>PSV 3.000</b>	74,2	16,8	7,1
<b>PSV 4.500</b>	89,0	18,9	7,8
<b>PSV 5.000</b>	89,0	19,0	7,9
<b>RSV</b>	79,6	16,8	7,8
<b>SV</b>	46,0	10,9	3,8

### **1.1 Estaleiros de reparo no Brasil**

Atualmente o Brasil conta com 7 estaleiros de reparo naval capazes de suprir embarcações maiores de 50 metros. A demanda por reparos aponta a necessidade de novos estaleiros nos próximos anos. Isso é devido à expansão da frota operante. A tabela abaixo mostra os estaleiros existentes e seus sistemas de docagem.

Tabela 1-2 - Estaleiros de reparo no Brasil

ARSENAL DE MARINHA DO RJ	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique Seco	255
Dique Seco	165
Dique Seco	88
Dique flutuante	100
Carreiras Principais	116
DOCKSHORE NAVEGAÇÃO E SERVIÇOS LTDA	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique flutuante	118
RENAVE (ENAVI)	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique Seco	184
Dique Seco	136
Dique flutuante	215
Dique flutuante	200
Dique flutuante	70
ESTALEIRO SÃO MIGUEL	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique seco	
Dique seco	
ESTALEIRO MAUÁ	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique seco	167
VARD (ex-Aker Promar)	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique flutuante	150
CASSINÚ	
INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	LOA(m)
Dique seco	60

Comparando os diferentes tipos de transporte marítimo é possível notar a importância da presença de estaleiros de reparo no Brasil para as embarcações de apoio marítimo. Para embarcações de longo curso, cabotagem e apoio marítimo existem aspectos especiais que implicam nessa demanda.

**Longo curso:** Os navios podem ser docados em estaleiros estrangeiros em países como China e Cingapura que apresentam indústria de reparo naval avançada com preços muito competitivos e prazos menores.

**Cabotagem:** Apesar da operação na costa brasileira é possível conseguir serviço de transporte de carga até países com menor preço de reparo e então reparar lá. Nesses casos o preço do frete pode pagar o preço do deslocamento até esses locais.

**Apoio marítimo:** O deslocamento da rota até locais muito distantes teria altos custos devido ao tempo fora de operação. Isso viabiliza o reparo dentro do Brasil.

## **1.2 Motivação e Execução do Trabalho**

Tendo analisado a tendência de aumento contínuo na demanda por embarcações de apoio offshore no mercado brasileiro para os próximos anos, fica claro que crescerá também a necessidade de atividades em estaleiros de reparo. Tais estaleiros, se localizados na costa brasileira, possibilitarão que sejam realizadas as paradas dos navios sem que seja necessário fazer longos deslocamentos, como no caso de reparar as embarcações em instalações na Ásia ou Europa, evitando assim grandes perdas de tempo e capital. Ao mesmo tempo que se evidencia essa demanda, também se observa a inexistência de uma indústria de reparo naval ampla. Inclusive, o que pode ser notado é que são poucos os estaleiros instalados, e estão em apenas alguns locais pontuais.

Dessa maneira, o projeto se desenvolverá em capítulos que tratarão da pesquisa sobre as atividades envolvidas em docagem e reparo, no estudo das características das embarcações e diversos aspectos de reparo naval. O objetivo final é de selecionar uma solução de docagem a partir de alternativas já existentes, considerando os trabalhos realizados e as facilidades necessárias num estaleiro de reparo.

Assim, no capítulo 2 inicia-se o estudo sobre as atividades de reparo naval, listando as principais causas que levam à docagem de uma embarcação, alguns aspectos estatutários e as atividades que geralmente são executadas na manutenção e reparo dos sistemas e estruturas.

O capítulo 3 trata da pesquisa realizada, que consistiu basicamente na realização de visitas técnicas e entrevistas a estaleiros, além de ampla leitura de referências da área de reparo naval. Nesse capítulo também são estudados os principais sistemas e aspectos especiais que devem ser levados em conta para o reparo de embarcações de apoio offshore.

No capítulo 4 encontra-se um estudo sobre as alternativas de docagem existentes e mais comumente utilizadas em estaleiros de reparo no mundo todo. Tendo sido estudadas as alternativas e constatados os principais fatores relacionados à reparo, será feita então a seleção de uma das alternativas, com base numa metodologia própria.

Finalmente, no capítulo 5 trata-se do projeto do estaleiro em sim. São admitidas as premissas de projeto. Também serão definidas as principais facilidades necessárias na concepção do estaleiro. Será estudado o fluxo de trabalhos. Demais detalhes são considerados para culminar num arranjo básico do estaleiro.

## 2 SOBRE AS ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS

### 2.1 As Causas de Reparo e Docagem

São diversas as possíveis causas que poderão levar a parada de um navio. Elas podem ser programadas, como no caso das vistorias de obrigatórias ou de rotina, ou também podem ser inesperadas, devido a acidentes que provocaram avarias na embarcação. Os itens abaixo definem as causas mais comuns que demandam paradas para docagem e reparos nas embarcações

#### Vistorias obrigatórias

Os navios em operação devem seguir um planejamento de inspeções para renovação de certificados de classe, além de vistorias para renovação de certificados estatutários de autoridades marítimas. Isso implica em paradas obrigatórias do navio para inspeção e, quando necessário, adequação.

Dentre as vistorias obrigatórias estão as anuais, as intermediárias e a vistoria de renovação de classe, sendo que na última a docagem é obrigatória. Para esses casos, a docagem e o eventual reparo do navio ocorrem de forma razoavelmente programada. Essas vistorias são responsáveis por 70% das docagens de reparo realizadas no Brasil.

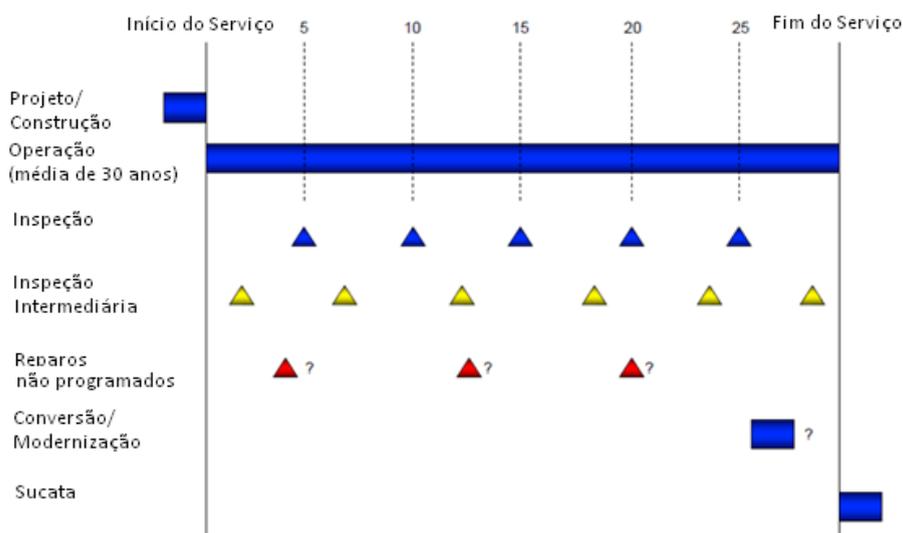


Figura 2.1 - Eventos na vida do navio

## Avarias

Em operação, os navios estão sujeitos a adversidades que podem resultar em avarias em sua estrutura e sistemas. Além das avarias, também podem ocorrer falhas ou suspeita de falhas de equipamentos, que serão motivo para docagem e inspeção.

Essas docagens são imprevisíveis e na maior parte das vezes demandam parada imediata ou emergencial da embarcação, e seu retorno à atividade em curtíssimo prazo.

As imagens abaixo, numeradas de 1 a 6, ilustram a sequência de atividades de reparo de um navio com a proa severamente avariada.





Figura 2.2 - Etapas de reparo de navio avariado

## **Reparos de rotina**

Independente da ocorrência de falhar ou avarias, e da obrigação de vistorias de Classe, pode haver necessidade por parada para reparos de rotina, associados à operação normal do navio. No entanto, a boa prática leva a associação dessas paradas com as datas programadas para as vistorias obrigatórias.

## **Conversões e modificações**

Maiores modificações nos navios podem demandar docagem. São modificações estruturais, de sistemas e até mesmo da função da embarcação. O escopo dessas docagens pode incluir atividades como inserção de novas seções, aumento de conveses, modificações estruturais, modificações nos tanques, instalação de novos equipamentos, modificações no sistema propulsivo, aumento de acomodações etc.

Exemplos de grandes modificações são listados abaixo:

- Conversão de navios tanque em FPSOs
- Jumborização de navios para aumentar sua tonelagem
- Conversão de Ro-Ro para navios de passageiros
- Conversão de graneleiro em LPG
- Conversão de petroleiros ou graneleiros para drillships ou PLSVs
- Conversão da embarcação para aumento de velocidade

## **2.2 Sobre as vistorias de classe**

As vistorias das sociedades classificadoras estabelecem que todos os navios estarão sujeitos a vistorias de acordo com os requisitos das regras, com o intuito de confirmar que o casco, máquinas, equipamentos e sistemas permanecem em condições satisfatórias e de acordo com os padrões aprovados para o navio.

Tomando como exemplo as regras de embarcações em operação da Sociedade Classificadora DNV.GL [4], temos as vistorias periódicas divididas em três grupos:

- Vistoria anual
- Vistoria intermediária
- Vistoria completa

Como os nomes indicam, a extensão das vistorias varia entre elas, sendo menor na anual e mais ampla na vistoria completa. Além disso, há a vistoria de renovação de classe, que é quando um novo certificado de classe é emitido. Essa vistoria deve ocorrer a cada cinco anos e pode coincidir com uma das outras vistorias citadas acima.

O escopo das vistorias de classe contém diversos itens, entre os quais:

- Medição de espessura da estrutura do casco;
- Anteparas estanques;
- Estruturas suportes de equipamentos;
- Escotilhas, portas, suspiros e demais aberturas;
- Tubulação no convés;
- Vistorias dos compartimentos (tanques, praça de máquinas etc);
- Eixo propulsor, conexão e hélices;
- Caldeiras e vasos de pressão;
- Máquinas;
- Sistema de ancoragem;
- Rotas de fuga e equipamentos de salvatagem;
- Equipamentos e sistemas que implicam em notações de classe opcionais.

### **2.3 Itens Gerais em Reparo Naval**

Tendo sido estudadas as características principais e especificidades das embarcações de apoio offshore, para o desenvolvimento adequado deste trabalho, é essencial então conhecer bem o escopo de atividades realizadas nas docagens. Entender todas essas atividades, seu sequenciamento, paralelismos, equipamentos e ferramentas envolvidas, local de realização etc, permite esboçar um arranjo básico do estaleiro de reparo.

Os itens gerais de reparo foram divididos em 7 grupos principais de trabalho, cada um com diversas atividades, a saber: trabalhos de docagem, trabalhos de aço, trabalhos de tubulação, trabalhos mecânicos, trabalhos elétricos, trabalhos gerais e testes.

#### **Trabalhos de docagem**

Antes mesmo de se iniciarem as atividades de reparo e manutenção da embarcação, o escopo se inicia com a preparação do dique para a chegada do navio. Em seguida são executadas inspeções e

reparos no casco e em demais acessórios. As atividades abaixo fazem parte desse grupo de trabalho.

- Preparação dos picadeiros – Para cada docagem um novo arranjo de picadeiros deve ser feito de acordo com o plano de docagem daquela embarcação. O posicionamento dos picadeiros é um fator importante para preservar a integridade estrutural e possibilitar uma condição adequada de equilíbrio quando o navio assenta sobre os picadeiros. Os picadeiros podem ser movimentados pelos guindastes do estaleiro, que ficam nos diques ou carreiras, por guindastes sobre rodas e por empilhadeiras.



Figura 2.3 - Arranjo de picadeiros em Dique Seco

- Manobra e docagem - Tratam-se de atividades de risco no processo. A embarcação a ser reparada pode se aproximar do local de docagem com propulsão própria, mas em geral conta também com o auxílio de navios rebocadores e de cabos tracionados por cabrestantes. As manobras para docagem e desdocagem demandam uma área mínima para movimentação dos rebocadores. Isso se torna então um fator considerável no projeto do estaleiro.



Figura 2.4 - Rebocador auxiliando operação de docagem

- Tratamento do casco – para iniciar as inspeções do casco, ele deve ser limpo de incrustações, oxidação e pintura. Toda a área deve ser jateada para permitir posterior inspeção visual ou por ensaios não-destrutivos, que pode culminar na substituição de partes do chapeamento onde já se atingiram os limites de corrosão. Finalmente, o tratamento do casco termina com a renovação da pintura e aplicação de revestimentos especiais em partes específicas do navio.



Figura 2.5 - Jateamento do casco

- Serviços gerais – Para permitir a plena execução das atividades de inspeção e reparo, certas condições mínimas de operação devem ser mantidas no navio, além do provimento de estruturas de acesso (andaimas, escadas, passarelas) para os trabalhadores e tripulação. Isso inclui também a operação de máquinas e sistemas. Para que isso seja possível devem ser fornecidas fontes de energia, iluminação, água para resfriamento, recolhimento de dejetos etc.

- Eixo propulsor – Nem todas as embarcações de apoio offshore tem sistema propulsivo com eixo. A solução de utilizar sistemas com propulsores azimutais já é muito frequente. Para as que possuem, as vistorias de classe tem em seu escopo o deslocamento do eixo propulsor para medir folga e alinhamento.



Figura 2.6 - Retirada de eixo propulsor

- Caixas de mar e anodos – As caixas de mar devem ter suas grandes abertas para então serem limpas, jateadas, inspecionadas e então receber o tratamento final. Os anodos antigos devem ser removidos para permitir a substituição por anodos novos.
- Âncoras e amarras – As âncoras devem ser baixadas para permitir seu jateamento, inspeção, medição de espessura e, caso necessário, reparo. Finalizando com aplicação de nova pintura.



Figura 2.7 - Amarras em estado avançado de corrosão

### **Trabalhos de aço**

- Chapeamento – O chapeamento está sujeito a vistoria que tem como principal foco a diminuição da espessura das chapas. Existem valores mínimos de espessura que são requisitos de regra. Em geral, algumas pontos de atenção são definidos no navio, os quais estão sujeitos a medição à inspeção visual e medição de espessura. Caso seja necessário, o chapeamento deve ser substituído. Essas atividades demandam instalação de andaimes e equipamentos para movimentação das chapas.



Figura 2.8 - Chapeamento e reforçadores com corrosão

- Reforçadores – Assim como o chapeamento, os reforçadores também estão sujeitos a perda de espessura ao longo dos anos. As mesmas atividades são aplicáveis.

### **Trabalhos de tubulação**

A tubulação está sujeita a perda de espessura, danos e avarias que podem levar a mau funcionamento das redes com problemas como perda de pressão e vazamentos. Durante o reparos podem ser executadas as seguintes atividades: remoção da tubulação existente e sua colocação fora de bordo; fabricação de novas peças de tubulação em oficina do estaleiro ou fora, instalação a bordo; soldagem; testes de funcionamento e pintura.

Uma decisão importante para esse projeto é a de optar por ter uma oficina de tubulação no próprio estaleiro ou contar com fornecedores externos.

## **Trabalhos mecânicos**

Nas docagens podem ser executados inspeções, reparos e testes em maquinários e equipamentos. Em geral o estaleiro recebe um relatório do armador no qual já constam quais as atividades deverão ser executadas. Diferentemente do casco externo, que necessita de docagem para ser avaliado, os equipamentos e máquinas são avaliados também em operação. Sendo assim, falhas ou mal funcionamento podem ser registrados para manutenção e reparo futuro, em ocasião da docagem.

Um fator importante nesse grupo de trabalho é a remoção dos equipamentos e/ou suas partes. Por tratar-se de peças de grande peso, a necessidade de remoção pode implicar na necessidade de guindastes de grande porte. Também que após remoção necessita-se de disposição em área no cais. Além disso, também é preciso que haja um trajeto permitido para a transferência desses equipamentos desde o local de docagem até a saída do estaleiro, para o caso de transporte para instalações industriais de fornecedores.

- Motor principal e motores auxiliares

A vistoria geral, no inglês, *overhaul*, de motores, demanda pessoal especializado e equipamentos específicos. A razão de uma vistoria desse tipo é corrigir o desgaste, eliminar depósito de sedimentos quando eles interferem na eficiência dos componentes, e realizar tratamento de superfícies. É também uma oportunidade para checar sinais de problemas, como o surgimento de uma trinca, evidência de desalinhamento, e até corrosão e vazamentos. Devem ser checados também os pistões, anéis dos pistões, cilindros e demais componentes dos motores. Também devem ser checadas as válvulas de combustível, em seu funcionamento e conservação.

Tendo sido feitos os reparos, com ou sem remoção do equipamento, é preciso garantir o alinhamento dos jzantes e com os eixos propulsores. Também é preciso checar os níveis de óleo, lubrificantes e demais fluidos. Devem ser executados então os testes dos motores, que devem mostrar sua operação dentro dos parâmetros esperados e cumprindo os requisitos da Sociedade Classificadora.

- Bombas, trocadores de calor, válvulas, caldeiras e demais equipamentos

Os equipamentos menores da praça de máquinas também estão sujeitos a falhas e demandam inspeção e manutenção. Geralmente os procedimentos que alinham essas atividades são fornecidos juntos aos manuais dos fornecedores. Sendo menores, esses equipamentos podem ser removidos para reparo ou substituição durante a docagem.

## **Trabalhos elétricos**

Nesse grupo de trabalho devem ser checadas as instalações elétricas como: geradores, cabos elétricos, instalações elétricas contra explosões (equipamentos *Ex*), painéis, conexões, isolamentos etc. A execução dessas atividades em geral é feita por empresas contratadas diretamente pelos armadores, ficando fora do escopo do estaleiro de reparo.

## **Trabalhos gerais**

- Limpeza de tanques

Para permitir o acesso e execução de atividades nos tanques, eles devem ser limpos e ventilados. Eventualmente será necessária também a instalação de andaimes para vistorias e trabalhos de reparo.

- Equipamentos e acessórios de convés

Demais acessórios como guindastes, equipamentos de salvatagem, equipamentos de apoio offshore etc, também podem necessitar de reparo, remoção ou testes.

## **Testes**

Tendo sido realizadas as diversas atividades de manutenção e reparo, é necessário proceder com os diversos testes para comprovar as condições mínimas de integridade e operabilidade da embarcação. São realizados testes estruturais, elétricos, mecânicos e nos demais sistemas do navios. Essas atividades podem estar relacionadas apenas às partes modificadas durante a docagem do navio ou podem também incluir requisitos das vistorias de classe.

No caso dos testes de estanqueidade de tanques, pode ser necessário realizar testes pneumáticos ou hidrostáticos, o que demanda ao estaleiro possuir instalações de ar comprimido e água junto aos locais de reparo.

### **3 SOBRE A PESQUISA REALIZADA PARA EXECUÇÃO DO PROJETO**

Nesse capítulo são apresentadas as atividades de pesquisa de campo e seus resultados. Foram feitas entrevistas com estaleiros e observações em visitas técnicas. Além disso também foi feito um estudo de diversos aspectos técnicos e operacionais das embarcações de apoio offshore mais comumente empregadas no Brasil.

#### **3.1 Entrevistas com Estaleiros**

Uma das preocupações na realização desse trabalho é o alinhamento dos estudos teóricos e da pesquisa realizada à realidade encontrada na indústria naval. Em engenharia, entender a prática, as necessidades reais e o ambiente de enquadramento do objeto de estudo é fundamental para o desenvolvimento teórico adequado. Dessa maneira, para obter uma solução efetiva, mesmo que preliminar, de um estaleiro de reparos, buscou-se contato com a indústria de reparos local.

A intenção dessa contato com a indústria foi primeiramente de poder enxergar melhor o funcionamento de estaleiros de reparo e das alternativas de docagem neles existentes. Esse contato in loco, possibilita uma visão do todo que às vezes não é possível somente com os livros e outras fontes de pesquisa.

O contato com a indústria foi estabelecido através de visitas técnicas às instalações industriais e entrevistas técnicas com profissionais responsáveis por manutenção, reparo naval e docagem.

Os pontos focais de abordagem visavam o esclarecimento sobre diversos tópicos, entre os quais:

- Entendimento do funcionamento geral de um estaleiro de reparo
- Detalhes de operação e funcionamento dos sistemas de docagem
- Atividades desenvolvidas
- Tipos de embarcações docadas
- Casos de sucesso em operações mais difíceis
- Principais dificuldades nas operações e atividades
- Demandas de melhorias no processo

Foram feitos contatos com dois estaleiros de reparo para realizar as visitas e entrevistas. Os estaleiros foram o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro – RJ) e o estaleiro Dock Bras (Niterói – RJ).

As visitas e entrevistas seguiram um roteiro previamente definido. Foram elaborados formulários para obtenção dos dados e informações desejadas. Cada formulário foi desenvolvido especialmente

para o estaleiro, de forma a focar no sistema de docagem interessado. Os dois sistemas de docagem estudados durante as visitas foram: dique seco no Arsenal de Marinha e dique flutuante no estaleiro Dock Bras.

Os formulários seguem nos anexos a esse trabalho:

- Anexo 1 – Entrevista Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
- Anexo 2 – Entrevista Estaleiro Dock Bras

Os formulários de perguntas serviram como base para os questionamentos na visita e entrevista. Contudo, durante a entrevista essas perguntas somente serviram para nortear a pesquisa, não tendo sido obrigatoriamente questionadas da maneira como estão no formulário. Portanto, nas seções relativas às visitas, há uma sub-seção para citar os tópicos absorvidos durante a pesquisa *in loco* e que merecem destaque.

### 3.1.1 Estaleiro – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro

Nessa seção é feita uma descrição sucinta do AMRJ, citando sua localização e principais facilidades de docagem. Em seguida são relatados os principais pontos observados na visita técnica e informações constatadas na entrevista realizada com os profissionais de docagem. Fotografias obtidas no dia da visita são utilizadas para ilustração de diferentes aspectos dos diques e instalações do Arsenal.



Figura 3.1 - Docagem do Porta-aviões São Paulo (A12) no AMRJ

O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) é uma Organização Militar da Marinha do Brasil, localizada na Ilha das Cobras, no interior da baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

Trata-se do maior centro de manutenção da Marinha brasileira com capacidade de construção e reparo de embarcações de grande porte. Além das embarcações da armada brasileira, lá também são docadas embarcações militares de outras nações e embarcações de empresas privadas.

As facilidades de docagem existentes no AMRJ que foram objeto da visita e entrevista são as seguintes:

1. Dique seco “Almirante Régis” – Maior dique de reparo da América do Sul, construído em 1910 podendo docar embarcações com DWT de até 80.000.

Dimensões:

Comprimento = 254,6 m

Largura = 36 m

Altura do dique = 15,5 m

2. Dique seco “Almirante Jardim” – Inaugurado em 1861, tem capacidade de docar embarcações de até 16.000 de DWT.

Dimensões:

Comprimento = 165,2 m

Largura = 19 m

Altura do dique = 11,2 m

3. Dique seco “Santa Cruz” – Inaugurado em 1874, tem capacidade de docar embarcações de até 2.500 de DWT.

Dimensões:

Comprimento = 88,5 m

Largura = 9,15 m

Altura do dique = 8,5 m

Além dos diques secos citados, o AMRJ também possui um dique flutuante de 100 metros de comprimento, chamado “Almirante Schieck”, e duas carreiras de 116 metros.

### 3.1.1.1 Tópicos relevantes registrados

- Sobre o portão de fechamento – O portão utilizado em todos os diques do AMRJ é do tipo porta-batel. O maior dique possui duas posições possíveis de fechamento, uma logo na entrada e outra à meio comprimento. Seu manuseio é feito com navios rebocadores. Um ponto de atenção é a vedação da porta-batel. Para que seja adequada ela fica lastrada durante toda a docagem. Como vedante é utilizada uma corda (espia) no entorno do contato entre o dique e a porta-batel. Esse vedante deve sofrer substituição de tempos em tempos, para garantir sua integridade. Como a vedação não se permanece plena por toda sua vida útil, há uma bomba auxiliar que permanece bombeando água de vazamento para fora do dique.



Figura 3.2 - Porta-batel do dique “Alte Régis”



Figura 3.3 - Vedante da porta-batel

- Observações na entrada do navio no dique – O navio é puxado por meio de guinchos motorizados e cabrestantes. Para auxiliar o alinhamento do navio com os picadeiros, são utilizadas bóias e pêndulos posicionados onde deve ficar a linha de centro do navio. Para o menor dique (Santa Cruz), a entrada da embarcação deve ser feita no pico da maré.
- Docagem diversos navios simultaneamente – O dique seco “Amte Régis”, com suas grandes dimensões para docagem, permite a acomodação mais de uma embarcação simultaneamente. Eventualmente nele são docados até quatro navios ao mesmo tempo. São dispostos em duas filas. Nessas ocasiões foram docados navios militares. É importante lembrar que numa docagem assim, os navios tem que ter cronogramas de reparo similares, já que é inviável a abertura do dique para retirada de parcial do número de navios.

Anualmente são docados simultaneamente três navios oceanográficos. São eles:

- |                             |            |           |          |
|-----------------------------|------------|-----------|----------|
| ▪ NPo Alte Maximiano (H-41) | LOA =93,4m | B = 13,4m | T = 6,2m |
| ▪ NApOc Ary Rongel (H-44)   | LOA =75,3m | B = 13,0m | T = 5,3m |
| ▪ NOc Antares (H-40)        | LOA =55,0m | B =10,3m  | T = 5,0m |

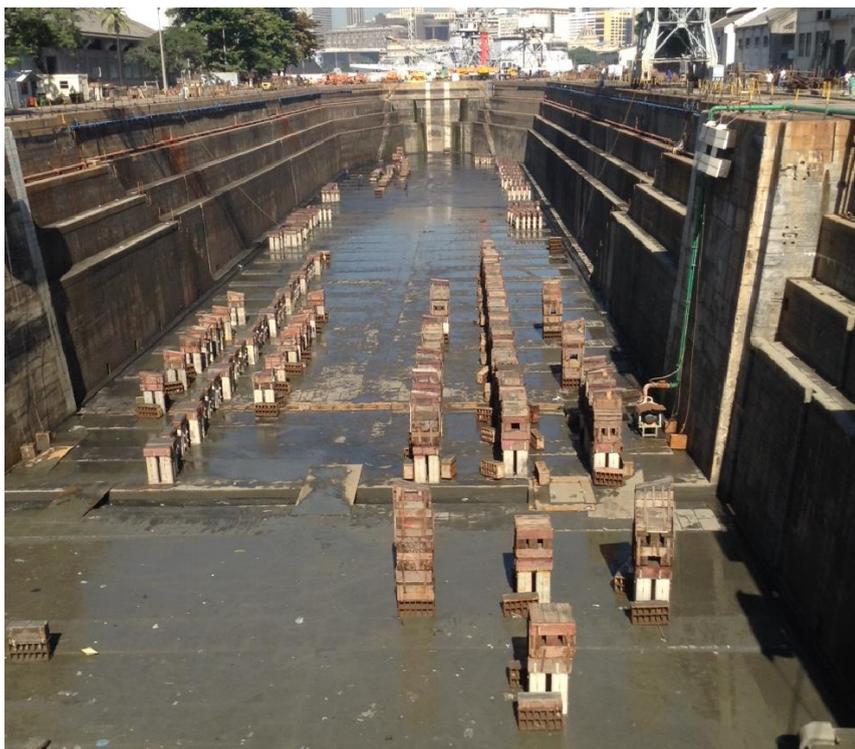


Figura 3.4 - Dique "Alte Régis" preparado para docagem de três navios

Os três navios oceanográficos permanecem por um igual período no dique seco, que é de aproximadamente 90 dias.

Uma característica dessa docagem é a etapa de assentamento dos navios nos picadeiros. Os três navios são posicionados dentro do dique sobre as referências de localização que indicam o local dos picadeiros. O dique começa a ser esvaziado gradualmente de maneira que um navio assente sobre os picadeiros de cada vez (devido a diferença de calados). Isso permite controlar melhor a operação, de maneira que os profissionais envolvidos possam acompanhar separadamente cada assentamento sobre picadeiros.

- Docagem de navios com apêndices no casco – Eventualmente, por conta da grande capacidade do maior dique, são docados navios-sonda (*drillships*). Esses navios, bem como outros navios de apoio offshore, podem possuir propulsores do azimuthal, e devem ser docados com picadeiros de aproximadamente 4 metros de altura, para possibilitar a retirada dos propulsores. O mesmo pode ocorrer para outros tipos de apêndices no casco.



Figura 3.5 - Detalhe da docagem da corveta "Barroso", no dique seco "Alte Jardim", mostrando apêndice no casco posicionado entre picadeiros

- Diques menores – Os dois diques menores do AMRJ estão dispostos lado a lado, o que possibilitou a utilização de um sistema de bombas comum. Esses diques também compartilham a eclusa de alagamento, algumas válvulas e a casa de bombas.

O dique "Santa Cruz" possui cobertura com acionamento mecânico para abertura e fechamento. A cobertura possibilita melhores condições de trabalho e realização das atividades de manutenção e reparo mesmo em condições climáticas ruins.



Figura 3.6 - Submarino docado no dique "Santa Cruz", sob telhado da cobertura

- Sistema de gestão da qualidade – O AMRJ implementou um sistema de gestão da qualidade com certificação ISO 9001. Essa certificação é baseado no uso e padronização de boas práticas e procedimentos. Trata-se de um sistema de melhoria contínua. É feito um rígido controle documental que busca aperfeiçoar as atividades realizadas nas operações de docagem. Foram elaborados procedimentos que devem ser aplicáveis a todas as operações de docagem.

As avaliações dos clientes (embarcações da Marinha ou de empresas privadas) após a docagem são importantes para possibilitar a implementação de melhorias no sistema. São utilizados indicadores de qualidade para avaliar e registrar o que é executado. Exemplos de indicadores são: custo da operação total, ocorrência de incidentes ou acidentes, eficiência no processo, cumprimento de prazos etc. Uma atividade que serve de exemplo da aplicação prática desse sistema de gestão da qualidade é a verificação dos planos de docagem. Entre os aspectos que foram avaliados como problemáticos na operação do dique estão as bombas de alagamento e seu sistema elétrico.

### **3.1.2 Estaleiro – Dock Bras (Dique flutuante)**

Nessa seção é feita uma descrição sucinta do Estaleiro Dock Bras, citando sua localização e principais facilidades de docagem. Em seguida são relatados os principais pontos observados na

visita técnica e informações constatadas na entrevista realizada com os profissionais de docagem. Fotografias obtidas no dia da visita são utilizadas para ilustração de diferentes aspectos do dique e instalações do Estaleiro.

O estaleiro de reparos Dock Bras encontra-se instalado no Terminal Offshore no Porto de Niterói-RJ. A empresa conta com um dique flutuante, chamado “Dockshore I”, para a prestação de serviços de docagem, manutenção e reparo, atendendo a frota mercante nacional. Além do “Dockshore I” o estaleiro conta com área de cais para atracagem de navios.

O dique flutuante foi fabricado entre os anos de 2010 e 2014, levando 2 anos para construção do casco, que ocorreu no estaleiro Rio Nave (Caju, Rio de Janeiro-RJ), mais 2 anos para acabamento até a operação.

Entre agosto de 2014, quando iniciaram as operações, e outubro de 2015 foram realizadas 35 docagens, o que representou uma taxa de utilização de 98%, tendo ficado desocupada por apenas 4 dias.

As dimensões e características do dique são as seguintes:

$$LOA = 118,0 \text{ m}$$

$$B_{ext} = 34,0 \text{ m}$$

$$B_{int} = 28,0 \text{ m}$$

$$T_{max. \text{ navio}} = 5,6 \text{ m (com picadeiros de 2,0 m)}$$

$$D_{dique} = 3,5 \text{ m}$$

$$DWT = 7000 \text{ t}$$



Figura 3.7 - PSV sob reparo no dique "Dockshore I"

#### 3.1.2.1 Tópicos relevantes registrados

- **Escolha da alternativa de docagem** – Os representantes do estaleiro citaram que diante da escolha pela melhor alternativa de docagem no projeto do estaleiro, alguns fatores levaram à opção pelo dique flutuante, entre eles: Flexibilidade em caso de necessidade de mudança para outro local de operação; menor investimento inicial na construção; e maior facilidade para licenciamento ambiental quando comparado à um dique seco. Isso condiz com o que foi descrito anteriormente nas considerações sobre os fatores positivos e negativos de cada alternativa de docagem.
- **Facilidades do estaleiro** – Por estar localizado dentro de um pequeno terminal offshore, estaleiro possui uma pequena estrutura para suprir as atividades de reparo. Pequenas trocas no chapeamento, substituição de estruturas, tubulação e equipamentos, podem ser realizadas com apoio de uma pequena oficina de caldeiraria. Existe também uma oficina de marcenaria que cuida da madeira para os picadeiros. O estaleiro também possui um guindaste sobre rodas e empilhadeiras para movimentação dos picadeiros.

- **Facilidades do dique flutuante** – O “Dockshore I” conta com fornecimento de energia elétrica a partir de uma subestação do próprio terminal offshore.

Para levante de carga estão disponíveis 2 guindastes, tipo torre fixa, de 8 toneladas. Para cargas maiores são utilizados guindastes sobre rodas.

Também fazem parte do dique: Sistema de combate a incêndio, tanques de resíduos, filtros de efluentes, cabrestantes com motores elétricos, redes de ar comprimido.

O dique também possui uma passarela articulada a vante. São dois braços que podem abrir ou fechar formando uma passarela que interliga os conveses superiores. A passarela é aberta na operação de docagem para permitir a saída o rebocador que puxa o navio.



Figura 3.8 - Passarela articulada na vante do "Dockshore I"

- **Limitações de calado** – A profundidade do mar no local é de 11,1 metros, tendo sido a área dragada na área de localização e entorno do dique. Assim, considerando a altura do pontoon (3,5m) e dos picadeiros (2,0m), o calado máximo da embarcação docada é de 5,6 metros. No caso de utilização de picadeiros de 1,5 metros, o calado máximo da embarcação docada pode chegar até o limite de 6,1 metros.

- **Embarcações já docadas** – Entre os tipos de embarcações já docadas estão: gaseiros, navios-tanque, PSVs, AHTSs, FSVs, balsas, batelões e rebocadores.

O navio com maior deslocamento já docado foi o “Bruce Kay”, Platform Supply Vessel do armador Bram Offshore, com 6000 tons.

O navio com maiores dimensões já docado foi o “Oscar Niemeyer”, gaseiro do armador Transpetro, com comprimento total de 122 metros.

- **Ancoragem** – Apesar de possuir flexibilidade de trocar de local de operação, o “Dockshore I” encontra-se restrito a uma só posição próxima ao cais. Ele fica preso por meio de duas estacas que servem como guias no movimento vertical do dique, mantendo sua posição. Trata-se de tubos de aço, com diâmetro externo de aproximadamente 2000mm. Dimensões: 10m acima da linha d’água, 15 metros na lâmina d’água e mais 10 metros no solo.

- **Planejamento da docagem** – O estaleiro trabalha com uma programação muito flexível, com uma antecedência de aproximadamente 2 meses entre o início do planejamento da docagem, quando se recebe a confirmação de interesse do armador, e a docagem efetivamente.

O escopo de reparo é informado pelo armador, que relata quais itens deverão ser inspecionados e reparados. Em geral esse escopo se modifica no decorrer da docagem.

- **Sistema de bombas** – O dique possui 16 tanques distribuídos em 4 linhas ao longo do comprimento do dique. Possui também 4 casas de bomba para realizar a manobra de lastro. Todas as casas de bombas tem redes interligadas, permitindo que uma só casa de bombas possa operar o lastro de todos os tanques.

Todos os tanques possuem sensores de sondagem ligados a uma sala de controle do dique, informando o nível dos tanques.

O dique possui também sensores de deflexão na proa e na popa, para evitar problemas estruturais na operação.

A sala de controle localiza-se no convés superior, onde pode ser feito controle remoto das bombas, válvulas, trim/banda, deflexão. Além de acionamento de sistema de incêndio, alarme e iluminação do dique.

- **A operação de docagem** – A manobra da embarcação é feita com apoio de 2 rebocadores um a vante e outro a ré da embarcação. Além disso são utilizadas amarrações em 4 pontos, com operação de cabrestantes com motores elétricos.

Sempre são realizadas inspeções com mergulhadores durante a docagem, a fim de checar o posicionamento correto dos picadeiros. São duas inspeções, cada uma de aproximadamente 30 minutos de duração.

A operação de docagem tem uma duração total de 7 horas, mais uma hora para limpeza do convés. Somente o alagamento do dique leva 2 horas e meia, sendo feito por gravidade, com fluxo controlado pelas válvulas.

A operação de float-off, já com o navio desembarcado, leva 40 minutos.

O processo é todo manual e requer muita comunicação entre equipes técnicas no convés superior, passarela e sala de controle.

- **Trim e banda** – Em geral deve-se evitar a docagem de navio com trim ou banda. Mas, caso necessário, o trim pode ser corrigido aplicando-se trim ao dique flutuante. Uma condição aceitável para docagem de um navio sem banda e com trim correspondente a até 1% de seu comprimento total (LOA).

È comum haver mudança na condição de equilíbrio da embarcação na hora da saída do dique, em comparação com a condição de chegada. Isso ocorre devido a novo carregamento nos tanques. Isso deve ser considerado para que a docagem ocorra de maneira segura.

- **Escopo básico de reparo** – As principais atividades realizadas no dique flutuante são: limpeza do casco; tratamento, jateamento e pintura; limpeza das caixas de mar; substituição de anodos; puxada de eixo para vistoria; remoção de azimutal; comissionamento e atividades na disciplina elétrica.

Atividades de manutenção e reparo em equipamentos não são realizadas no estaleiro Dock Bras. Os itens são removidos e seguem para oficinas dos fabricantes ou outros estaleiros.

Além das atividades no dique, também são realizadas no cais a troca de defensas do navio e reparo de tanques, bem como reparos no casco em locais acima da linha d'água.

- **Retirada de thrusters ou azimutais** – Para a retirada dos propulsores desse tipo o dique conta com duas aberturas no pontoon, que são chamadas de “piscinas”. Trata-se de espaços não preenchidos por estruturas ou chapeamento logo abaixo do convés do pontoon. Dessa forma é possível, com auxílio de cabos e guinchos, deslocar e remover os propulsores.



Figura 3.9 - Piscina para retirada de propulsores e apêndices - "Dockshore I"

- **Manutenção do dique** – Até hoje foram feitas manutenções pontuais nos sistemas e no casco do dique. Foram feitas manutenções e reparos (solda e pintura) no casco e convés em pontos de corrosão. Constantemente é feita manutenção das bombas, sistemas e sensores. Os principais pontos de problema na manutenção são relativos ao sistema de lastro e sensores de trim/banda e deflexão.
- **Demandas de melhoria** – Dada a complexidade das operações de float-on e float-off, que envolvem uma equipe integrada e muito atenta em todas as etapas, o estaleiro imagina que a implantação de um sistema automatizado controle de operações de lastro traria mais eficiência às docagens, diminuindo tempo e risco envolvido. O ideal seria um sistema de automação que pudesse receber informações de sondagem dos tanques, calado do dique, ângulos de banda e trim, deflexão, e que também pudesse controlar as válvulas e bombas do dique, levando a um processo automatizado e preciso.
- **Visão e padrão de qualidade do estaleiro** – Entre as preocupações primordiais do estaleiro está a atenção ao cliente. São enviados relatórios diários registrando o avanço físico no reparo. O foco do estaleiro é na eficiência do reparo, realizando o escopo de trabalho no menor tempo, sempre dentro do prazo. Em vista disso não se busca um alto padrão de qualidade no produto final, devendo ser alcançado um padrão minimamente aceitável.

## **3.2 Características no Reparo de Embarcações de Apoio Offshore**

Seguindo a proposta inicial desse projeto, deseja-se pensar em um arranjo simplificado de estaleiro para reparo de embarcações de apoio offshore, focando na frota de apoio marítimo offshore em operação no Brasil. Objetiva-se definir um arranjo otimizado que atenda principalmente essa categoria de embarcação, permitindo rapidez e qualidade nos serviços de reparo oferecidos.

Compreender bem esses tipos de navios é fundamental para definir melhor um arranjo específico para o estaleiro e características para o sistema de docagem. É preciso conhecer bem os sistemas e equipamentos que podem estar presentes nas embarcações, o que permite planejar melhor as atividades de reparo, levando em conta quais equipamentos devem ser retirados para manutenção, quais podem permanecer no navio, bem como entender quais as atividades que serão executadas.

Essas categorias de embarcações tem uma série de características que dependem dos requisitos de sua missão, definindo assim os principais sistemas e equipamentos do navio. Isso é baseado nas seguintes funcionalidades:

- Transporte de cargas entre uma base de apoio e uma unidade offshore. Carga essa que pode ser combustível, água, suprimentos, container etc;
- Descarregar cargas líquidas, containerizadas e em granel no seu destino;
- Apresentar capacidade de posicionamento dinâmico;
- Apresentar condições de conforto para sua tripulação levando em conta as condições ambientes e os longos períodos de operação;
- Dependendo da embarcação, combater incêndio de outros navios ou unidades offshore.

### **3.2.1 Sistema propulsivo**

O sistema propulsivo pode ter diferentes arranjos, com motores de combustão e linha de eixo de transmissão ou sistema Diesel-Elétrico com ou sem linha de eixo.

A propulsão com linha de eixo pode estar presente em algumas embarcações desse tipo apesar de não ser o sistema mais empregado ultimamente. Nesse sistema utilizam-se motores de alta ou média rotação com emprego de caixa redutora. A figura a seguir ilustra a utilização de sistema propulsivo com linha de eixo.



Figura 3.10 - PSV com linha de eixo

No sistema diesel-elétrico, certo número de conjuntos motor-gerador alimenta motores elétricos ligados a propulsores na proa e na popa do navio. Esses propulsores podem ser do tipo azimutal ou tunnel thrusters. Ambos têm por objetivo complementar o sistema propulsivo garantindo a possibilidade de posicionamento dinâmico e também melhor execução de manobras.

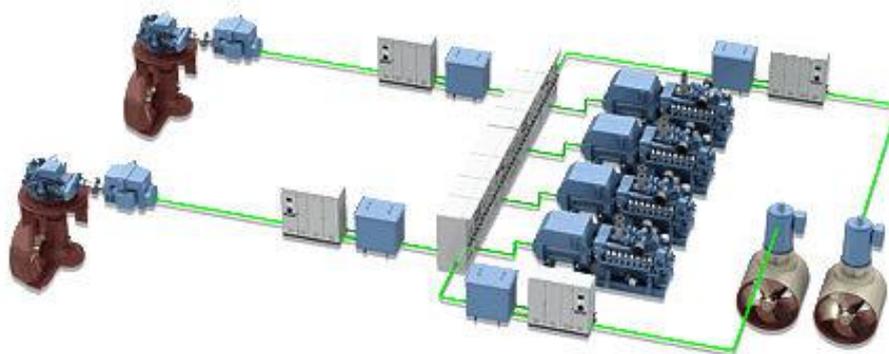


Figura 3.11 - Sistema Diesel-elétrico

Qualquer que seja o sistema utilizado na embarcação é importante considerar como será feito seu reparo no estaleiro. Isso é essencial para o dimensionamento dos guindastes e definição dos procedimentos de retirada desses sistemas.



Figura 3.12 - Bow thruster



Figura 3.13 - Propulsor azimuthal

### 3.2.2 Carga no convés

Uma das principais funcionalidades do navio consiste em levar carga geral no convés principal. Essa carga pode ser containerizada em containers offshore especiais ou disposta pelo convés para o caso de equipamentos e estruturas.

Exemplos das cargas são suprimentos para tripulação de plataformas offshore, equipamentos diversos, tubulação e estruturas para instalações oceânicas etc. A próxima figura mostra o convés principal carregado, de um navio de apoio.



Figura 3.14 - Convés principal carregado

A movimentação dessa carga no convés para sua correta disposição é feita com auxílio de guindastes próprios do navio. Esses guindastes podem ser do tipo convencional articulado ou do tipo ponte rolante, que se apoia no cargo rail.

A presença desses equipamentos no navio deve ser considerada para possível retirada para atividades de manutenção e reparo em docagem.



Figura 3.15 - Guindastes convencionais



Figura 3.16 - PSV com ponte rolante

### 3.2.3 Tanques de carga sólida

Outras estruturas que podem estar presentes nesse tipo de navio são os tanques para carga em granel. Certas embarcações carregam cimento em tanques do tipo silos. Esses tanques são mostrados a seguir.



Figura 3.17 - Tanques de cimento em PSV

### 3.2.4 Sistema de combate a incêndio (Fire-fighter)

Alguns navios podem ser dotados do sistema fire-fighter, também conhecido como sistema fi-fi. Ele é responsável pelo cumprimento de uma missão secundária do navio de combate de incêndio em

outros navios ou plataformas. É composto basicamente por bombas centrífugas acopladas diretamente aos motores e canhões d'água instalados no tijupá que operam com altas vazões.



Figura 3.18 - Sistema de combate a incêndio

### 3.2.5 Sistemas e equipamentos específicos de determinadas classes de embarcações

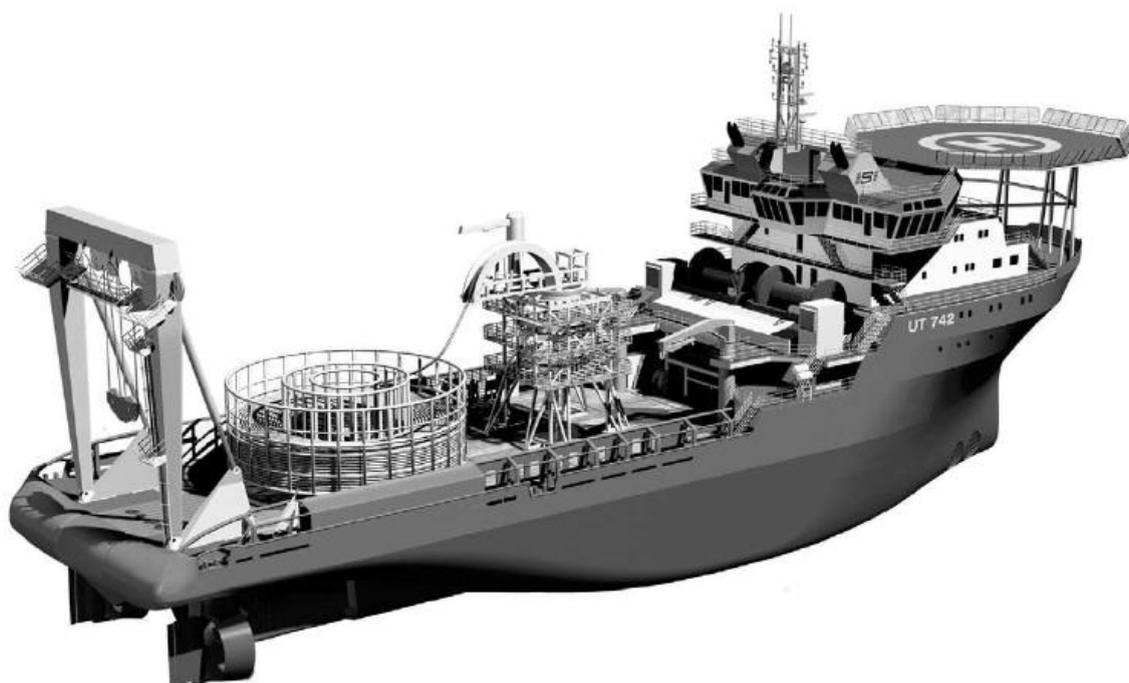


Figura 3.19 - Navio PLSV com diversos sistemas e equipamentos específicos

- Torre de lançamento de dutos – Presente nos PLSVs. Constitui-se de uma torre de lançamento que é composta por conjunto de equipamentos responsáveis de gerar as condições ideais para o lançamento dos dutos. É composta por polias, tensionadores, retificadores e sistemas responsáveis pela junção e manuseio dos dutos. São estruturas grandes e complexas.
- Helideck – Presentes em embarcações do tipo PLSV e DSV. Navios desse tipo podem dispor de Helidecks, isso é devido à característica operacional desse tipo de embarcação de apoio, que consiste na permanência do navio em um mesmo local por um extenso período. Esse local pode também ser distante da costa.
- Moonpool – Podem ser utilizados em PLSV, RSV e DSV. São aberturas na estrutura do navio que vão do convés até o fundo, permitindo que equipamentos ou minisubmarinos sejam colocados na água através de uma região do navio de maneira a evitar efeitos dinâmicos nos graus de liberdade do navio.

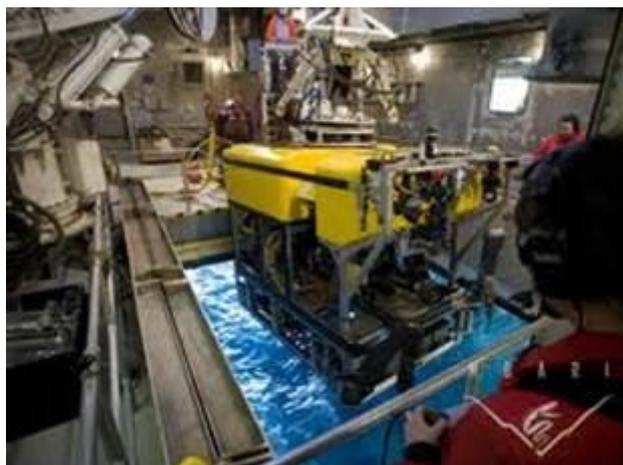


Figura 3.20 - Moonpool em embarcação RSV

- Guinchos – Estão presentes principalmente nos AHTS, englobando-se em duas grandes categorias: guincho de reboque e guincho de ancoragem que são utilizados em suas respectivas operações. Durante o reboque de alguma embarcação ele traciona unidades flutuantes. Já durante a ancoragem, ele controla e armazena os cabos de aço ou poliéster e as amarras.



Figura 3.21 - Guincho de navio AHTS

- Anchor Handling Frame (A-Frame) – Nos navios AHTS, para a instalação de estacas torpedo é costumeiro utilizar o chamado Anchor Handling Frame. Trata-se de um tipo de guindaste fixo, localizado na popa da embarcação. Esse equipamento ergue a estaca torpedo durante a sua passagem pelo rolo de popa, suavizando os esforços sobre o sistema de ancoragem.



Figura 3.22 - Navio tipo AHTS com A-Frame

## **4 SOLUÇÃO DE DOCAGEM**

De uma maneira geral, as embarcações de apoio offshore têm características muito semelhantes. A forma é parecida com a dos PSV, assim como as soluções para o sistema propulsivo, sistemas de movimentação de cargas etc. Como foi visto, as dimensões principais também variam numa faixa próxima, tendo variações muito grandes apenas para os Mini Supply Vessels (SV) e os Pipe Layer Supply Vessels (PLSV). Isso mostra que um estaleiro para reparo de PSV's possivelmente atenderá, com a mesma eficácia, navios de outras categorias.

Com o objetivo de analisar essa possibilidade, são identificados a seguir os principais fatores relativos aos outros tipos de embarcações de apoio que atuam no Brasil, identificando características semelhantes e outras que são exclusivas de cada tipo de navio.

Por serem muito semelhantes aos PSV's e com dimensões menores, os SV's não serão analisados.

### **4.1 Alternativas de docagem**

Um dos fatores mais importantes desse projeto é a concepção da instalação de docagem do estaleiro. Colocar o navio à seco é fundamental para a realização de parte das atividades de reparo e existem diferentes maneiras de fazê-lo. Entretanto, essa escolha deve ser considerada a partir de diversos fatores que influenciam o orçamento, operação e outros aspectos do estaleiro, de forma a se chegar na melhor alternativa. É fundamental considerar as características, restrições e demais aspectos de todas os tipos de instalações de docagem. Também deve-se relacionar quais as vantagens e desvantagens de cada uma delas para, por fim, selecionar a mais adequada considerando o tipo de navio a ser atendido, área de instalação e outras características do projeto do estaleiro.

Os próximos tópicos tem o objetivo de apresentar diversos aspectos de diferentes alternativas de docagem, elucidando suas características, para permitir posteriormente se fazer uma escolha adequada.

#### 4.1.1 Dique seco



Figura 4.1 - Alagamento de Dique Seco

Diques secos são obras civis de grande porte. São escavações no terreno perto do mar com construção de paredes, formando uma grande bacia, cujo alagamento permite a entrada de embarcações e, com uma porta-batel separando a área interna da área do mar, possibilita levar o navio à seco.

Sua estrutura é composta por base, paredes laterais e frontal e a porta-batel. Por tratar-se de uma escavação, um fator importante em sua construção é a necessidade de drenagem da água do solo, de modo a permitir um alívio na pressão interna sobre as paredes. Os diques secos são classificados em três tipos no que diz respeito à drenagem de água: sem alívio (alta pressão hidrostática), parcialmente aliviado e totalmente aliviado. Um dique totalmente aliviado possui uma maior quantidade de tubulações adjacentes e equipamentos de bombeamento. É importante considerar que um dique desse tipo permitirá paredes e estruturas menos robustas, levando a um menor valor inicial de construção, mas com maior valor futuro de manutenção.

Alguns diques secos tem o formato de uma seta, como um triângulo em seu final, como uma adaptação à forma da proa dos navios, outros possuem o formato de um paralelepípedo.

Por tratar-se de uma obra civil de grande porte, que envolve uma grande escavação, construção de estruturas robustas de concreto para estrutura e drenagem, a opção por um dique seco envolve um grande investimento inicial. De acordo com [14], a obra de um dique com comprimento igual a

130 metros, boca igual a 27 metros e profundidade de 10,8 metros, teve um valor de construção igual a 11,5 milhões de euros, que na cotação de Janeiro de 2016 equivale a 51,2 milhões de reais.



Figura 4.2 - Construção de um dique seco

Além da estrutura de concreto, o dique deve possuir uma portão de fechamento, que pode ser do tipo porta articulada vertical ou horizontal, porta deslizante ou porta-batel. Sendo as duas primeiras de rápida abertura e operação, mas com maiores custos de manutenção. A porta deslizante também tem rápida abertura, mas exige manutenção e limpeza constante do trilho deslizante. A solução mais comum é a utilização de uma porta-batel, que é uma estrutura totalmente estanque e flutuante, com sistemas de lastro e deslastro. A porta-batel também é a solução de menor custo, porém com operação mais lenta e difícil. A manutenção desse último tipo de portão é mais fácil e, inclusive, a parte interna pode ter manutenção realizada com a porta em sua posição original.

Também é necessário um sistema de alagamento composto por bombas e válvulas, que permitirão o alagamento e desalagamento do dique. O dique seco pode ser alagado por ralos nas paredes e fundo, ou através de tubulações no portão de fechamento, sendo necessárias grades para contenção de resíduos sólidos e a presença de eclusas para controlar o alagamento.

As atividades sequenciadas para docagem de uma embarcação nesse dique, a partir da condição seca, são:

1. Posicionamento dos picadeiros e boias de auxílio de posicionamento – os picadeiros podem ser blocos de concreto ou estruturas de aço sobre as quais se apoiará o fundo do navio. Sua movimentação é feita com auxílio de empilhadeiras ou guindastes, sendo que seu posicionamento é deve ser adaptado para cada plano de docagem de cada embarcação. Pode ser necessário instalar boias ligadas a cabos ancorados no fundo do dique. Essas boias podem ser utilizadas como uma referência para o correto posicionamento da

embarcação, já que a posição dos picadeiros deve coincidir com a estrutura interna no fundo do navio;

2. Alagamento do dique – a sequência é dada com o alagamento do dique através da abertura das válvulas, que podem ter captação no próprio portão ou na estrutura do dique. O alagamento pode ser feito por gravidade, sem a utilização de bombas, já que o nível da água do mar é muito superior ao do fundo do dique;
3. Abertura do portão – Estando alagado, o dique portão deve então ser aberto para permitir a entrada da(s) embarcação(ões). Dependendo do tipo de portão, ele será aberto em sua posição fixa ou removido. A remoção pode ser feita com auxílio de embarcações de apoio;
4. Reboque do navio a partir cabos e molinetes, ou com embarcação de apoio -
5. Fechamento do portão – Dependendo do tipo de portão essa operação pode apresentar diferenças, sendo mais fácil para portões fixos ou deslizantes, e mais complicadas para portas-batel. No caso da porta batel, a operação pode demandar o auxílio de cabos de amarração ou até navios empurradores. Por fim, a porta-batel é lastrada para seu repouso sobre a posição final, proporcionando a estanqueidade necessária ao dique.
6. Posicionamento adequado do navio sobre os picadeiros – A utilização de boias de referência e marcações no dique são importantes para garantir que o(s) navio(s) permaneçam no local correto para o desalagamento.
7. Desalagamento do dique – Por fim a parte mais criteriosa de todo o processo é o essa atividade, com o repouso do navio sobre os picadeiros. Uma operação adequada é fundamental para manter preservada a integridade estrutural do navio, cujo plano de docagem considerou as posições dos picadeiros sob as estruturas internas. É importante considerar a presença de apêndices no casco que podem colidir e derrubar picadeiros, impossibilitando a docagem.

Abaixo são listados pontos positivos e negativos na escolha de um dique seco:

#### Pontos positivos

- Vida útil prolongada
- Baixo custo de manutenção
- Projeto sem limitações de tamanho para construção
- Pode ter um portão de fechamento intermediário, dando flexibilidade à sua operação

#### Pontos negativos

- Alto investimento inicial
- Por ser fixo em sua localização, sua revenda é mais difícil, dificultando também um financiamento em sua construção
- Problemas de acesso, ventilação e iluminação
- Uma possível ampliação de tamanho é mais dificultosa
- Operação mais lenta

#### 4.1.2 Dique flutuante



Figura 4.3 - Dique flutuante com picadeiros

São estruturas flutuantes com tamanho, resistência, deslocamento e estabilidade suficientes para, através de flutuação, elevar a seco embarcações ou outras unidades offshore possibilitando inspeções e atividades de manutenção e reparo. Essas estruturas podem ter capacidade de levante desde algumas centenas de toneladas até capacidades como 100.000 toneladas. Em geral, a faixa mais comum e economicamente vantajosa vai de 1.000 a 100.000 toneladas de capacidade.

O pontoon é o principal componente estrutural que deve ser projetado para distribuir as cargas concentradas do navio para os picadeiros e o dique. O pontoon também dá resistência transversal ao dique, bem como contribui para a resistência longitudinal.

As paredes do dique flutuante devem prover estabilidade quando o pontoon está submerso, além de resistência longitudinal para distribuir o peso do navio para a força de flutuação distribuída. Em diques com paredes laterais pequenas ou que não são contínuas por todo o seu comprimento, a estabilidade pode ser um fator crítico.

Sua estrutura é geralmente construída de aço e tem algumas características semelhantes à de uma embarcação. A resistência longitudinal é um fator limitante nas dimensões do dique, tendo que ser considerada a distribuição de esforços em cada operação de docagem.

Esses diques podem ser operados com banda e trim para reduzir o carregamento nos picadeiros e reduzir ou eliminar problemas de estabilidades dos navios durante as operações de docagem. Alguns estaleiros são equipados para transferir navios para terra utilizando um dique flutuante, o que permite o trabalho simultâneo em várias embarcações.

Um aspecto relevante num dique flutuante é sua possível mobilidade. Em geral atraca-se o dique junto a um cais em posição fixa, mas sua mobilidade é permitida caso necessário. Isso dá uma boa dinâmica à utilização do dique ao longo de sua vida útil, permitindo a mudança do local de operação, o que aumenta muito seu potencial de revenda e, conseqüentemente, de financiamento, tornando o investimento inicial mais acessível que de um dique seco. Sua utilização também é vantajosa por ocupar uma menor área costeira, que pode ser valiosa, influenciando financeiramente o empreendimento.

Pode-se optar pela construção do dique em um estaleiro mais barato em outra região ou país, transportando-o como uma embarcação rebocada posteriormente, com o objetivo de reduzir ainda mais o investimento inicial.



Figura 4.4 - Esquema de um dique flutuante

A seguir são listados três diferentes configurações de projeto para diques flutuantes:

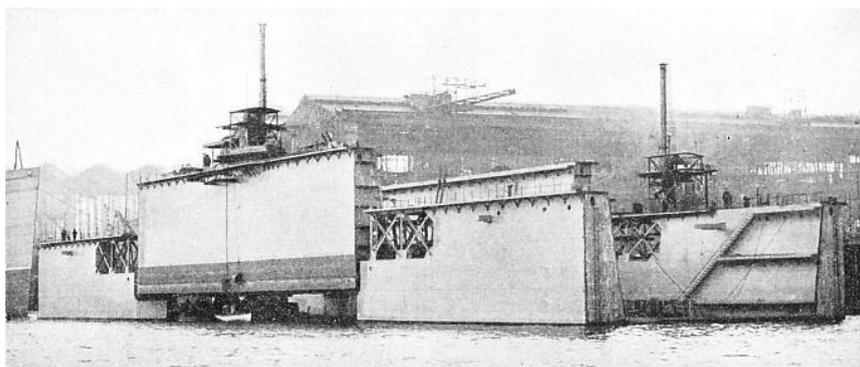


Figura 4.5 – Dique flutuante de pontoon e paredes seccionadas

1. Pontoon seccionado e paredes contínuas

Esse tipo de dique caracteriza-se por um pontoon seccionado em partes que possibilitam a auto-docagem. Para isso uma seção do pontoon é desconectada das paredes, rotacionada 90 graus para alinhar sua maior dimensão (normalmente a direção transversal) com a direção longitudinal do dique, então é essa seção é docada sobre as demais.

2. Pontoon e paredes contínuas

Esse dique é uma estrutura única e não possui a possibilidade de auto-docagem de suas partes, o que requer a docagem do dique inteiro para reparo e manutenção. Esse tipo de

dique pode ser mais leve e resistente que os demais por tratar-se de uma estrutura contínua que tem os pontoons e paredes contribuindo na resistência estrutural.

### 3. Pontoon e paredes seccionados

Esses diques são compostos por uma série de seções unidas, cada uma delas contendo pontoon e paredes laterais. As seções são unidas com travas, pinos ou outros tipos de conexões mecânicas. Tais conexões são um fator crítico no projeto e operação desses diques, por estarem sujeitas a esforços e demandarem inspeção e manutenção frequente. A vantagem nessa concepção é a possibilidade de auto-docagem das partes do dique. Também é importante lembrar que as diferentes seções devem ter sistemas próprios de lastro e deslastro.

As principais atividades realizadas numa operação de docagem em um dique flutuante são:

1. Posicionamento dos picadeiros de acordo com o plano de docagem previsto
2. Submersão total do dique – Isso é feito considerando o calado do navio a ser docado e as condições de trim e banda, se necessário. Antes da entrada do navio no dique são feitas medições e sondagens para obtenção do calado, assegurando a entrada segura do navio no dique.
3. Posicionamento do navio no dique – O navio que inicialmente é empurrado ou propelido, agora deve ser manuseado com cabos e linhas no dique, com auxílio de molinetes e cabeços. Deve ser evitado o uso da propulsão do navio dentro do dique, de modo a não desfazer o posicionamento dos picadeiros. Em seguida o navio é posicionado sobre os picadeiros segundo o plano de docagem.
4. Deslastro do dique flutuante – O dique agora é emerso a partir do bombeamento do lastro para fora dos tanques. A posição final do navio deve ser assegurada como fixa no decorrer dessa etapa.
5. Repouso do navio sobre os picadeiros – Nessa etapa deve ser assegurado que o navio repousa-se de maneira uniforme sobre os picadeiros, mantendo uma condição aceitável de distribuição de cargas no fundo. Pode ser necessária a utilização de mergulhadores para checagem do posicionamento sobre os picadeiros. É importante lembrar que quaisquer modificações no peso do navio durante o reparo deverão ser previamente calculadas, para evitar esforços locais não previstos.
6. Retirada do navio do dique – Para a retirada do navio, a partir da submersão do dique, deve-se garantir que o navio esteja em posição de equilíbrio sem banda e com trim

minimizado. Isso pode ser feito com um arranjo de lastro, caso necessário. Em seguida inicia-se a submersão do dique flutuante, seguindo um plano de bombeamento já definido, que cumpre as diversas condições de estabilidade nas fases da operação, a saber: calado de operação do dique, calado no convés superior do pontoon, calado no topo dos picadeiros, meio calado e submersão total do dique. Com o início da flutuação do navio, as linhas de ancoragem poderão ficar frouxas ou tensionada, isso requer um constante manuseio das mesmas de modo a assegurar a manutenção da posição do navio.

Abaixo são listados pontos positivos e negativos na escolha de um dique flutuante:

#### Pontos positivos

- Não utiliza uma área valiosa da costa
- Pode ser construído em estaleiros mais competitivos economicamente
- Grande potencial de revenda
- Maior chance de financiamento para construção/aquisição
- Facilidade de transferência para terra em caso de reparo
- Pode docar navios com banda/trim
- Pode docar navios maiores que seu comprimento
- Não apresenta problemas de assoreamento como Diques Secos
- Maior facilidade de ampliação

#### Pontos negativos

- Alta manutenção em bombas, válvulas e estrutura
- Movimentação de pessoas e equipamentos é mais restrita e difícil
- Variações de maré podem ser um fator crítico em passarelas e ancoragem

### 4.1.3 Docagem sobre trilhos (*Marine Railways*)



Figura 4.5 - Marine railways

Trata-se de um mecanismo composto por trilhos e um berço deslizante em um plano inclinado que, tracionado por meio de máquinas em terra, tem a capacidade de rebocar um navio da água para a terra. O berço é movido por correntes tracionadas e guiadas por mordentes. Foi inventado no início do século XIX com a finalidade de ser uma alternativa mais barata para docar navios e possibilitar reparo e manutenção. Além da rápida operação, seu custo de implementação é relativamente baixo quando comparado a outras alternativas de docagem. Entretanto, seu sistema mecânico requer substituição periódica de partes móveis como mordentes e roldanas. Além de que é necessária eventual manutenção de sua parte submersa. Os trilhos também estão sujeitos a danos, particularmente na área de variação de maré, onde detritos podem ser lançados contra eles.

Atualmente, essa alternativa para docagem pode ter capacidades de tracionar navios entre 100 e 6000 toneladas. Maiores capacidades tornam-no inviável economicamente. Seu desenvolvimento deu-se também sob a motivação de ser uma alternativa com operação mais simples e rápida, diferente dos diques secos utilizados até então.

Sua operação é mais simples e barata, principalmente porque deslizar o navio sobre os trilhos é menos complicado que operar diques secos ou flutuantes. É importante observar a necessidade de realizar as operações em maré alta, nas regiões onde a variação de maré é significativa.

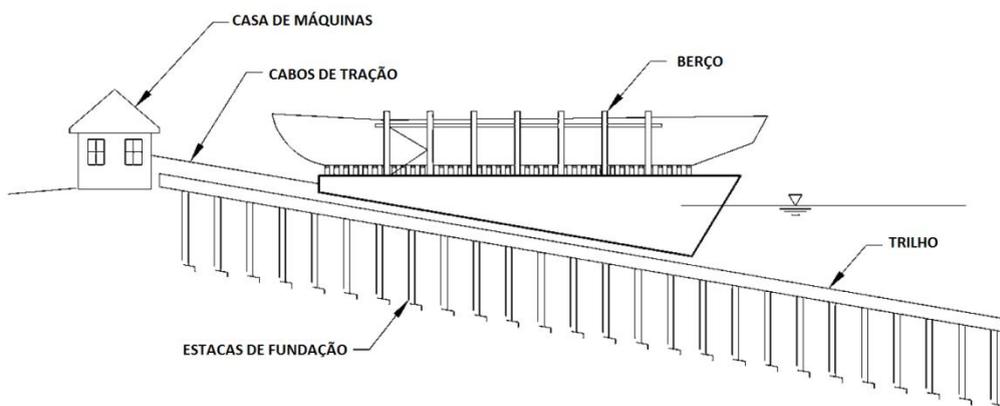


Figura 4.6 - Esquema de docagem sobre trilhos

As principais atividades realizadas numa operação de docagem em um marine railway são:

1. Preparação dos blocos (picadeiros) de base para o navio/berço – A partir da condição de carregamento do navio na pré-docagem e considerações de equilíbrio, são calculados os carregamentos e então definidos os posicionamentos dos picadeiros.
2. Posicionamento do berço na posição mais inferior – a profundidade total nessa situação deve ser tal a permitir uma distância mínima entre o casco ou projeções e o bloco mais próximo. De acordo com [6] uma distância de segurança mínima de 12 polegadas (30,48 cm) é definida. Isso em geral impõe a operação em maré alta. Em seguida o navio que foi posicionado ali através de propulsão própria ou reboque, é agora manobrado via cabos e amarras. A utilização dos rebocadores ou propulsão própria nessa fase é evitada para que não haja o risco de danificação dos picadeiros e demais estruturas.
3. Subida do berço pelo trilho - Após o posicionamento adequado, com o navio centralizado longitudinalmente e transversalmente, a embarcação repousa sobre o berço a partir do reboque do berço. Em seguida os cabos são tracionados levando o navio à posição final de docagem.
4. Descida do navio – Antes da descida, é checada a condição final de equilíbrio do navio para o caso de carregamento excessivo sobre picadeiros ou cabos. Pode ser necessário o

uso de mergulhadores para conferência da integridade e limpeza da parte submersa dos trilhos. Novamente o berço desce então para a posição submersa.

5. Flutuação do navio – Finalmente no momento de flutuar o navio, deve-se checar o tensionamento das linhas de amarração, que podem indicar momentos atuando no equilíbrio do navio. Quando garante-se uma condição segura de flutuação, o berço desce então para a posição mais inferior e as linhas de amarração devem ser soltas para permitir a flutuação do navio.

Abaixo são listados pontos positivos e negativos na escolha de um *Marine Railway*:

#### Pontos positivos

- Baixo custo de investimento inicial
- Operação rápida
- Fácil transferência do navio para terra

#### Pontos negativos

- Os trilhos não são facilmente removíveis
- Posição fixa → Difícil revenda → Difícil financiamento do empreendimento
- Alta manutenção
- Navios podem danificar a estrutura

#### 4.1.4 Syncrolift (Vertical lifts)



Figura 4.7 - Vertical lift

É um mecanismo para suspender o navio da água para seco verticalmente. Ele consiste numa plataforma e numa série de molinetes sincronizados e estacas de fundação para os molinetes. A plataforma é descida na água. O navio então, enquanto flutua, é posicionado sobre a plataforma e os molinetes são ativados de maneira sincronizadas e suspendem a plataforma para fora da água, levando o navio à seco. Um *vertical lift* é um método de docagem de operação rápida e pode ser equipado com um sistema de trilhos para mover o navio da plataforma para dentro da área seca do estaleiro. Contudo, os custos de manutenção são relativamente altos.

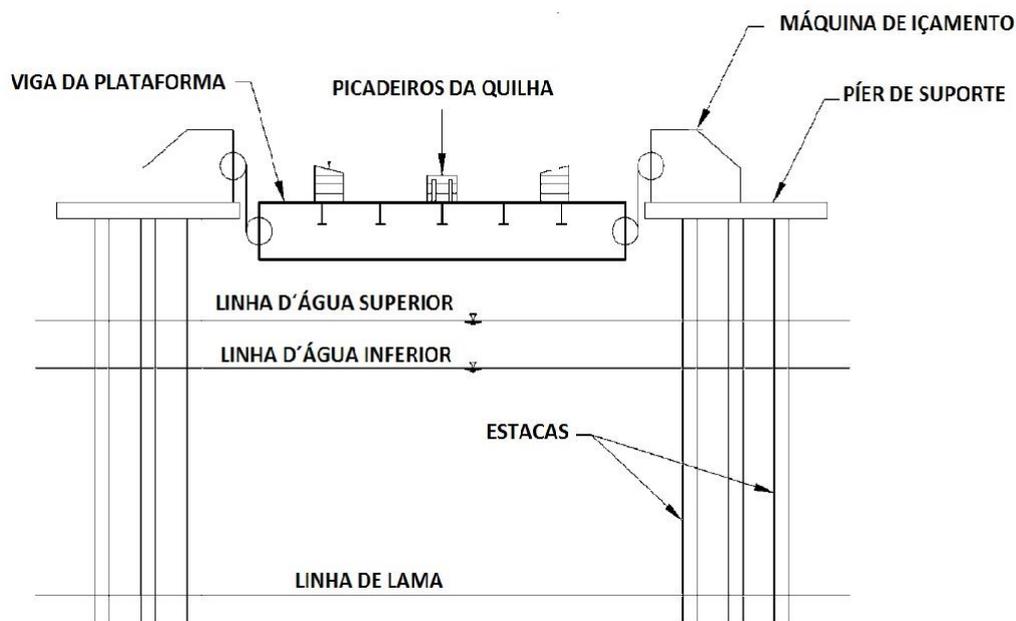


Figura 4.8 - Esquema de um Vertical lift

As principais atividades realizadas numa operação de docagem em um *vertical lift* são:

1. Preparação dos picadeiros – Essa etapa é semelhante à apresentada nos métodos de docagem anteriores, os picadeiros são posicionados de acordo com o plano de docagem do navio, considerando os carregamentos e a condição de equilíbrio existentes.
2. Posicionamento da plataforma na posição mais inferior – A plataforma é posicionada numa posição tal que permita a aproximação do navio, considerando a condição de maré local, mantendo uma certa distância de segurança entre o fundo do casco e a plataforma. De acordo com [6] uma distância de segurança mínima de 12 polegadas (30,48 cm) é definida.
3. Posicionamento e repouso do navio sobre a plataforma - Após o posicionamento adequado, com o navio centralizado longitudinalmente e transversalmente, a plataforma é puxada fazendo com que o navio repouse sobre ela. Em seguida os cabos são tracionados levando a plataforma e o navio à posição superior final.
4. Transferência do navio – Caso o layout do estaleiro permita, o navio docado pode ser transferido por trilhos ou carros para outra posição na área do estaleiro.
5. Descida e flutuação do navio – de maneira semelhante à descrita no método anterior, o navio é levado de volta à água. Garantidas condições seguras de equilíbrio e estabilidade, a plataforma retoma a posição submersa e os cabos de amarração são soltos para permitir a retirada do navio, que agora flutua, da plataforma.

Abaixo são listados pontos positivos e negativos na escolha de um *vertical lift*:

#### Pontos positivos

- Operação de docagem muito rápida
- Fácil transferência para terra
- Pode ter ângulo para compensar o trim do navio

#### Pontos negativos

- Alto custo de investimento inicial
- Posição fixa → Difícil revenda → Difícil financiamento do empreendimento
- Alto custo de manutenção
- Máquinas complexas
- Estrutura fixa de difícil remoção
- Difícil dragar abaixo da plataforma

#### 4.1.5 Hydrolift



Figura 4.9 - Hydrolift - Estaleiro Lisnave em Lisboa (Portugal)

Trata-se de um sistema de docagem desenvolvido pelo famoso estaleiro português de reparos navais – Lisnave. Ele é composto por três plataformas acima do solo do estaleiro que são dispostos lateralmente e conectados a uma bacia que possui um eclusa comum que serve as três plataformas. Cada uma das três plataformas tem um comprimento de 280 metros e uma boca de 36,75 metros.

O Hydrolift foi revelado pelo estaleiro no ano de 2001 como sendo o sistema de docagem do futuro, sendo capaz de retirar um navio panamax da água num período de uma hora.

Seu sistema de alagamento é composto por quatro bombas de 1400HP, cada uma com vazão de 46500 m<sup>3</sup>/hora, capazes de elevar o nível da água enchendo simultaneamente um dique seco (plataforma) e a eclusa. A entrada da água na eclusa é feita através de um canal com dispositivo instalado de modo a evitar grande turbulência na área de descarga, impedindo assim movimentos desordenados do navio na eclusa e conseqüentes sobrecargas nos seus cabos de amarração.

Por tratar-se de plataformas acima do nível do solo, as paredes laterais são muito robustas, capazes de resistir à pressão da coluna d'água. Toda essa estrutura, que é composta por portões de fechamentos em cada dique, além de um na eclusa, teve um alto custo inicial, de aproximadamente US\$ 45 milhões. No entanto, esse custo tem um bom retorno devido à economia de tempo e logística.

A movimentação de trabalhadores, materiais e equipamentos é facilitada, com menores perdas de tempo, graças ao fato do dique estar ao mesmo nível do solo do estaleiro.



Figura 4.10 - Detalhe de um dique do Hydrolift, situado acima do nível do solo

O Hydrolift do Lisnave possui quatro portões de fechamento. Um à entrada da eclusa e um à entrada de cada uma dos três plataformas. Todos são do tipo *flap gate*, que abrem e fecham girando como uma porta em torno de um eixo situado em sua parte inferior. Para facilitar sua

movimentação, todos os portões são dotados de tanques de impulsão, demandando um sistema de motores de menor potência/torque.

Os navios são manobrados na entrada e na saída da eclusa e transferidos para as plataformas, ou delas retirados, por meio de um sistema mecânico com guinchos associados a carros de reboques, que movem e controlam os navios durante as operações. Os carros deslocam-se no interior de caminhos de rolamentos montados em todo o comprimento dos muros laterais da eclusa.

Para a devida realização das atividades de reparo, o Hydrolift do Lisnave possui instalações de serviços de apoio como: redes de fluidos (água salgada, de lastro, de combate a incêndio, ar comprimido, oxigênio e acetileno) e instalações elétricas.

As principais atividades realizadas numa operação de docagem no *Hydrolift* são:

1. Aproximação da doca e entrada na eclusa - Com o portão aberto, o navio entra na eclusa e é devidamente posicionado. Uma vez que o navio está em posição, o portão é fechado e o sistema de bombas começa a alagar a eclusa e o dique de destino(plataforma).
2. Alinhamento do navio com o dique de destino - Tendo sido feito o alagamento da eclusa e elevação do navio, ele é então rotacionado para alinhar-se com o dique onde será docado. Um sistema de guinchos com carros e motores elétricos puxa o navio levando-o até o dique alagado.
3. Transferência para o dique (plataforma) – Nesse momento, com o sistema de guinchos e carros elétricos, o navio é transferido para o dique, que está com o portão na posição aberta.
4. Esgoto da água e assentamento – Agora, com o portão fechado, o dique e a bacia são secos, e finalmente o navio repousa sobre os picadeiros. É importante ressaltar, que pelo arranjo do Hydrolift do Lisnave, é possível que enquanto dois navios estão docados, um terceiro seja manobrado para dentro ou fora do último dique.



Figura 4.11 - Hydrolift com sua eclusa alagada

Abaixo são listados pontos positivos e negativos na escolha de um *vertical lift*:

#### Positivos

- Facilidade e economia de tempo na movimentação de trabalhadores, materiais e equipamentos.
- Ambiente mais salubre devido a uma atmosfera melhor, com maior circulação de ar.
- Possibilita docagem de mais que um navio simultaneamente e de maneira independente.
- Em caso de derramamento e poluição dentro das plataformas é possível segregar a água em outra plataforma para posterior tratamento de dejetos.

#### Negativos

- Alto investimento inicial
- Posição fixa → Difícil revenda → Difícil financiamento do empreendimento
- Custos de manutenção mais elevados que de dique seco

## 4.2 Escolha da Alternativa de Docagem

Seguindo a proposta inicial do trabalho, é preciso realizar agora uma escolha estratégica da solução de docagem para o estaleiro. Isso deve ser feito considerando uma série de fatores que envolvem a construção, operação e manutenção dos sistemas de docagem, mas mantendo a premissa básica de que o estaleiro deve ser competitivo e se consolidar como uma alternativa viável para reparo local, contribuindo para o desenvolvimento deste mercado no Brasil.

As seções anteriores permitiram uma boa elucidação sobre as principais soluções de docagem existentes. Isso permitiu visualizar fatores envolvidos em diversos aspectos.

O método utilizado para fazer a seleção do sistema de docagem é baseado numa atribuição de pesos de importância para cada um desses fatores observados e listados. Em seguida, a respeito de cada fator ponderado, para cada uma das alternativas de docagem é atribuída um grau de qualidade que mede sua adequação ao respectivo fator. Por fim, tendo sido aplicadas os graus e as respectivas ponderações, a alternativa escolhida será aquela que somar o maior valor.

A fim de respaldar a definição da ponderação para cada fator, os itens abaixo os descrevem detalhadamente, justificando o peso atribuído.

#### 4.2.1 Os Pesos e Graus de Qualidade

Os pesos atribuídos aos fatores variam de acordo com a seguinte ordenação:

4	Muito significativo
3	Significativo
2	Médio
1	Pouco significativo

As notas para cada sistema de docagem em relação aos fatores listados variam da seguinte maneira:

3	Muito adequado
2	Adequado
1	Pouco adequado
0	Inadequado

#### 4.2.2 Fatores de Docagem e Pesos Aplicados

- **Questões de licenciamento** – Considera a dificuldade de obtenção de todas as licenças necessárias para a construção da obra e operação do sistema de docagem. Não será

considerada nesse projeto a especificidade do local de construção ou implementação do sistema, não levando em conta se é de uma área com restrições ambientais maiores, por exemplo, um local próximo a área de preservação. Dadas as condições anteriores, será estipulado peso 2.

- **Custo de capital** - Mede o valor total de aquisição e construção (ou instalação) do sistema de docagem, incluindo também o custo de projeto e aquisição de equipamentos.

Levando em conta que o principal norteador deste projeto é chegar a valores competitivos de operação, o custo inicial terá peso menor em relação ao custo operacional. Assim, o peso definido é 3.

- **Adptabilidade de construção em diferentes locais** – Esse fator define a possibilidade de instalação do dique em diversos locais, no que diz respeito a condições geológicas, climáticas etc. O peso é 2.
- **Custo operacional** – Considera os custos de mão-de-obra, custos indiretos, energia elétrica, materiais, despesas com embarcações de ancoragem, seguro etc. Devida sua grande influência na composição do preço de docagem cobrado dos armadores, seu peso é máximo, 4.
- **Custo de manutenção** – Envolve todo capital usado para manutenção e reparo dos equipamentos e estruturas do sistema de docagem, incluindo: pessoal de manutenção, materiais de reposição, custos de terceirização, peças etc. Por também ter influência constante na composição do preço da docagem, seu peso é 4.
- **Possibilidade de revenda/facilidade de financiamento** – O estudo das alternativas de docagem deixou claro que, na decisão sobre qual alternativa de docagem implementar, é levada em conta a possibilidade futura de revenda do sistema, ou mesmo do estaleiro como um todo. No caso de revenda só do sistema de docagem, é necessária sua mobilidade. Esse fator tem grande influência nas condições de financiamento. Um equipamento móvel é visto como um ativo de mais fácil revenda, levando a melhores condições de financiamento para o empreendimento. O peso definido nesse caso é 3.

- **Ocupação de área costeira** – As áreas costeiras onde se instalam os estaleiros são valorizadas, por serem locais para construção de cais, permitindo ampliação da área útil do estaleiro. As alternativas de docagem estudadas tem diferentes taxas de ocupação dessa área. O peso dado é 2.
- **Facilidade de operação** – Esse fator compara a complexidade de operação entre os diferentes sistemas de docagem. Devido à sua influência no custo de operação, o peso dado é 3.
- **Tempo da operação completa de docagem** – Envolve o tempo desde o posicionamento do sistema de docagem para a condição que permita entrada do navio, até a última etapa, quando o navio já está seco sobre os picadeiros. Como foi observado, no mercado de reparo o tempo é fator crucial para os resultados financeiros do estaleiro. Por conta disso, o peso deste fator é 3.
- **Possibilidade de ampliação do sistema de docagem** – Em caso de um aumento na demanda de serviços ao longo dos anos é importante considerar a possibilidade de ampliação das instalações de docagem, com o objetivo de atender embarcações maiores ou um maior número simultâneo de navios docados. Por tratar-se de uma possibilidade mais remota, o peso dado é 1.

#### **4.2.3 Graus de Qualidade atribuídos à adequação de cada alternativa de docagem em relação aos fatores de docagem**

A atribuição dos graus é feita de maneira qualitativa, considerando a adequação daquele sistema em relação a cada um dos fatores observados, levando em conta as conclusões da pesquisa feita sobre cada alternativa e o que foi constatado nas entrevistas técnicas e visitas aos estaleiros. Não foi objeto desse trabalho uma pesquisa de preços e outros indicadores que pudessem dar um caráter quantitativo aos diversos fatores considerados, contudo, levando em conta que diferentes fontes apresentaram observações convergentes sobre vários aspectos, foi possível tomar decisões confiáveis na indicação dos graus de qualidade.

#### 4.2.4 Matriz de Decisão – Alternativas x Fatores

Tendo sido definidos os pesos e os graus de qualidade para cada “alternativa x fator”, foi elaborada a matriz de decisão, onde são feitas as multiplicações dos graus pelos pesos, levando a soma final que define o método mais adequado, consideradas as observações e pesquisa que foram realizadas no trabalho.

Abaixo segue a matriz mostrando os graus de qualidade e os resultados para cada alternativa de docagem.

ALTERNATIVAS X FATORES											Resultados
	Custo operacional	Custo de manutenção	Custo de capital	Possibilidade de revenda/facilidade de financiamento	Facilidade de operação	Tempo da operação completa de docagem	Questões de licenciamento	Adaptabilidade de construção em diferentes locais	Ocupação de área costeira	Possibilidade de ampliação do sistema de docagem	
Pesos	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	
Dique Seco	1	3	1	0	1	1	1	1	2	1	34
Dique Flutuante	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	64
Marine Railways	3	1	3	0	3	3	2	2	2	2	57
Vertical lift	3	1	3	1	3	3	2	2	2	2	60
Hydrolift	2	3	1	0	2	1	1	1	1	1	39

GRAUS ATRIBUIDOS	
3	Muito adequado
2	Adequado
1	Pouco adequado
0	Inadequado

O resultado da aplicação desse método de decisão foi a escolha do Dique Flutuante como melhor alternativa de docagem, considerando os fatores observados, além da ponderação e atribuição de graus definidas pelo autor.

## 5 PROJETO DO ESTALEIRO

Finalmente, para uma melhor visualização da solução de docagem encontrada, nesse capítulo será definido um arranjo básico do estaleiro de reparo. A ideia é dispor as principais facilidades que devem compor essa instalação industrial, considerando melhor operabilidade do dique e eficiência na movimentação de cargas, equipamentos e trabalhadores. Primeiramente define-se a premissa sobre o local de implantação do estaleiro, e sobre a quantidade de navios a serem reparados simultaneamente. Posteriormente são listados os equipamentos e oficinas necessários. Em seguida, considerando as atividades de reparo definidas anteriormente, é desenvolvido um fluxo dos trabalhos. Feito isso, são observados alguns detalhes que devem ser levados em conta no projeto, considerando as constatações das visitas, entrevistas e pesquisa realizadas. Finalmente será proposto um arranjo básico de um estaleiro que utilize como solução de docagem a alternativa encontradas através do método de decisão descrito anteriormente.

### 5.1 Premissas do Projeto do Estaleiro

- **Local de Implantação do Empreendimento** - Os detalhes sobre a escolha da localização do estaleiro não serão objeto de estudo desse trabalho. Dessa maneira, não serão feitas considerações sobre condições técnicas e comerciais, a saber: viabilidade econômica, logística, oferta de energia elétrica, cadeia de suprimentos, disponibilidade de mão-de-obra, condições climáticas, possibilidade de obtenção de novos clientes etc.

Por isso, será tomada como premissa desse projeto que o estaleiro esteja localizado em região costeira, e com condições aceitáveis em todos os quesitos listados acima.

Do mesmo modo, a área disponível para as instalações do estaleiro será tomada como sendo mínima necessária para arranjo adequado das diversas oficinas, galpões e equipamentos.

- **Número de Navios Atendidos** - O estaleiro deverá atender até dois navios simultaneamente, porém em etapas diferentes de reparo, de acordo com a possibilidade de execução das atividades em seco ou flutuando. Isso quer dizer que enquanto um navio está docado no dique flutuante, outro poderá estar atracado ao cais.
- **Prioridade na liberação do dique** - A prioridade na execução das atividades de docagem e reparo são de liberar o sistema de docagem, ou seja, realizar no dique flutuante

somente o que pode ser exclusivamente feito com a embarcação fora da água. Sempre que possível, as atividades devem ser realizadas no cais.

- **Reparo de máquinas e equipamentos** - O estaleiro não deverá dispor de oficinas para reparos especializados de máquinas ou demais equipamentos das embarcações. Caso não seja possível a execução de manutenção e reparo de determinadas máquinas e equipamentos a bordo, sendo necessários reparos mais complexos, tais atividades serão realizadas fora do estaleiro, nas instalações dos fornecedores, a critério dos armadores.

## 5.2 Equipamentos e Oficinas Necessários

Essa seção destina-se a listar facilidades que deverão estar presentes no projeto de um estaleiro para reparo de embarcações de apoio offshore. Trata-se de oficinas, equipamentos e demais instalações. A definição dessas instalações é feita a partir do estudo já desenvolvido a respeito dos tipos de navios que se pretende docar e das atividades gerais que compõem um escopo de reparo naval. Também foram observadas as constatações feitas nas visitas técnicas aos estaleiros que serão detalhadas em seção mais a frente neste trabalho.

É importante observar que, quanto aos equipamentos de guindar e de transporte de materiais e suprimentos, não será feita seleção dos mesmos. Isso é assim determinado pois envolveria um estudo mais detalhado das dimensões e peso dos equipamentos e estruturas das embarcações a se reparar, conjuntamente às capacidades de levante dos guindastes, empilhadeiras etc. Nesse trabalho somente serão listados os equipamentos que se espera utilizar em estaleiros de reparo dessa dimensão.

Todas as considerações feitas aqui, somadas à decisão estratégica da escolha da alternativa de docagem, serão levadas em conta no esboço do layout do estaleiro de reparos.

- **Cais de acabamento** – Parte das atividades de inspeção, manutenção e reparo podem ser realizadas com o navio na água e localizado em um cais. Isso permite a liberação da instalação de docagem para a entrada da outra embarcação. O cais deverá ter solo com capacidade mínima para circulação de guindaste. Além disso deve ser dotado de acessórios para amarração dos navios atracados e utilidades disponíveis, tais como: eletricidade, gases, ar comprimido e água.

- **Galpão de fabricação** – É necessário para a realização de pequenos ou médios reparos nas embarcações. Nele poderão ser montados pequenos painéis reforçados ou até partes de blocos, que servirão para reparo em embarcações avariadas, por exemplo. Não será uma oficina de montagem em linha como em estaleiros de novas construções, como as que são dotadas de equipamentos automatizados de soldagem, calandras e pontes rolantes de grande capacidade. É necessário, contudo, algumas estações de trabalho para montagem de pequenas estruturas, dotadas de máquinas de soldagem convencionais.

Uma abordagem alternativa pode ser a opção pela terceirização deste tipo de serviço, encomendando tais estruturas de estaleiros próximos, o que não demandaria mais uma oficina deste tipo.

- **Oficina de caldeiraria leve** – Os reparo e substituição de tubulações e acessórios de casco e convés (outfitting) deverão ser feitos numa oficina de caldeiraria leve. Ela deve estar equipada com equipamentos de corte, conformação de tubos, galvanização e soldagem, além de bomba para teste hidrostático. A oficina deve ser dimensionada para suprir as demandas eventuais nas docagens.
- **Oficina de carpintaria** - Em geral, os picadeiros utilizados como base de assentamento dos navios na docagem são construídos de madeira ou de um conjunto de madeira e concreto. A madeira propicia a elasticidade necessária ao conjunto para permitir que as irregularidade no casco ou pequenos desvios na altura ou posicionamento do bloco sobrecarreguem indevidamente o casco da embarcação ou a estrutura do dique. Dessa forma, é constante a necessidade de produção e substituição das peças de maneira dos picadeiros. Devido às necessidades especiais em cada docagem, onde são necessários arranjos e dimensionamento exclusivos das peças de madeira, é vantajoso que o estaleiro possua uma oficina de carpintaria.



Figura 5.1 - Picadeiro de concreto e madeira

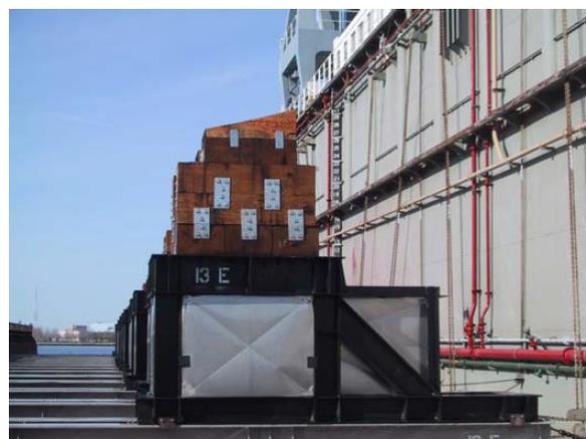


Figura 5.2 - Picadeiro de aço e madeira

- **Equipamentos de jateamento** – A limpeza do casco é a principal atividade entre as realizadas numa docagem. Essa limpeza é feita através de hidrojato de alta pressão ou jato de granalha. Portanto, é necessário que o estaleiro tenha disponível uma bomba de hidrojato ou equipamento para jato de granalha. A escolha entre essas duas alternativas depende da comparação de eficiência entre ambos, que não é objeto de estudo nesse trabalho.
- **Equipamentos de pintura** – Após a limpeza do casco é necessária a realização do tratamento da superfície com posterior pintura. O mesmo vale para os tanques de carga das embarcações docadas, caso faça parte do escopo.

Uma oficina de pintura deve estocar adequadamente as tintas e produtos de tratamento de superfície, além das máquinas portáteis de pintura.

- **Almoxarifado** - É o local necessário para estocar todos os materiais, peças e equipamentos que serão utilizados nas docagens do navios. Independente do fornecimento ser pelo próprio estaleiro ou pelos armadores, é preciso que haja um local com condições climáticas adequadas para acomodar os suprimentos, mantendo-os intactos.
- **Equipamentos de guindar** – São equipamentos de função primordial no estaleiro, responsáveis pela movimentação de estruturas entre oficinas, cais, pátio e dique. O dimensionamento depende do propósito do estaleiro, considerando o porte das embarcações que serão atendidas e as atividades que se propõe executar. Os tópicos abaixo listam equipamentos essenciais para o estaleiro que é o objeto a ser desenvolvido neste projeto:
  - Ponte rolante – Com capacidades variando entre 1t e 80t, podem deverão equipar as oficinas de estrutura e caldeiraria leve. Tem boa mobilidade e dão eficiência à movimentação de peças e estruturas.

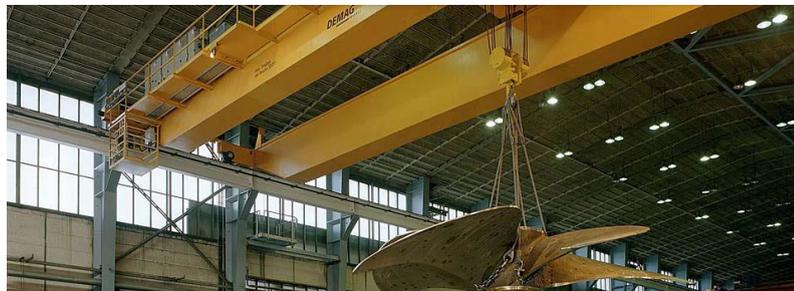


Figura 5.3 - Ponte rolante

- Guindaste com braço simples – São os equipamentos de levante mais comuns nos estaleiros, com capacidades que chegam a até 100t, com braços de alcance de até 85 metros.



Figura 5.4 - Guindaste com braço simples

- Guindastes sobre rodas – Tem menor tamanho e grande mobilidade, podendo ser ideais para um estaleiro de reparo, podendo movimentar tanto estruturas e equipamentos do navio, quanto os picadeiros para docagem.



Figura 5.5 - Guindaste sobre rodas

- Empilhadeiras – Também de grande mobilidade e com uso muito versátil, podem ser utilizadas para transportar pequenos suprimentos e até os próprios picadeiros. Tem boa manobra e podem levantar cargas.



Figura 5.6 - Empilhadeira

### 5.3 Fluxo dos Trabalhos de Docagem e Reparo

De acordo com a pesquisa feita, são consideradas as seguintes atividades que envolvem a docagem e reparo de uma embarcação no estaleiro projetado:

1. Preparação dos picadeiros
2. Manobra e docagem
3. Andaimas, acessos, ventilação e iluminação
4. Tratamento do casco
5. Reforçadores
6. Tubulação
7. Âncora e amarras
8. Chapeamento
9. Eixo/Propulsores
10. Caixa de Mar e Anodos
11. Mecânica
12. Elétrica
13. Pintura do Casco
14. Acessórios de Casco e Convés
15. Limpeza de Tanques
16. Testes
17. Pintura Interna

Seguindo essa listagem é desenvolvido um fluxo dos trabalhos, que baseia-se no sequenciamento das atividades considerando as possibilidades de realização em paralelo e as relações de

precedência. As decisões de ordenamento foram tomadas de seguindo as constatações da pesquisa realizada e as observações e informações coletadas nas visitas e entrevistas.

O fluxo proposto segue abaixo, representado na forma de um fluxograma.

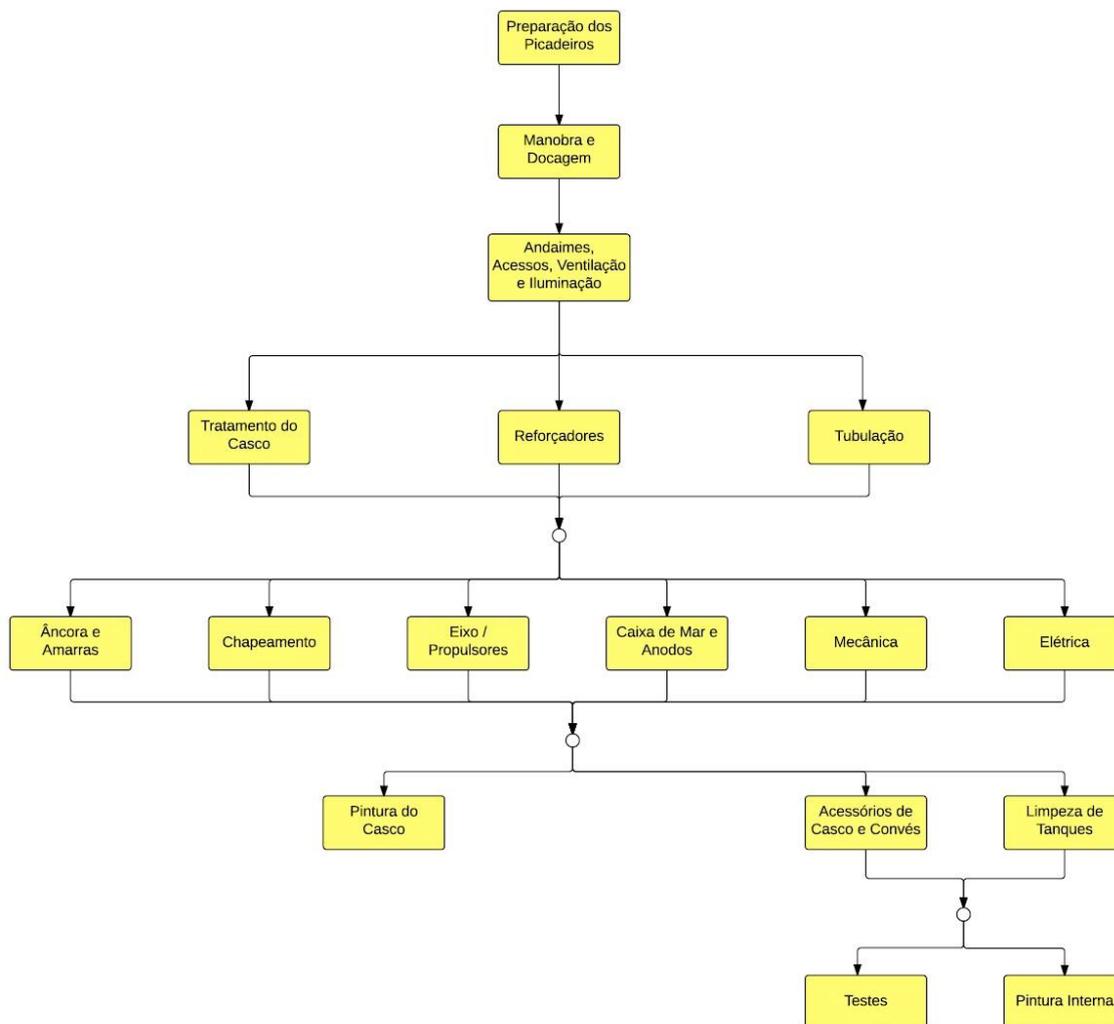


Figura 5.7 - Fluxo de trabalhos - Geral

Uma decisão estratégica na concepção de um estaleiro de reparo é a definição entre as atividades que serão realizadas no dique ou no cais. Isso leva a um balanço que pode privilegiar a realização de todas as atividades em seco ou um equilíbrio, realizando certa parte com o navio flutuando, atracado ao cais.

No caso desse trabalho, optou-se por uma divisão que priorize a liberação rápida do dique, de maneira que o reparo seja concluído com o navio no cais e possibilitando, assim, docagem de uma próxima embarcação no dique.

Para que sejam definidos o escopo de atividades no dique e no cais, de início é necessário estabelecer quais atividades podem ser feitas com o navio flutuando. Seguindo as constatações da pesquisa teórica e de campo, essa divisão foi feita e é mostrada no fluxograma abaixo, que difere os trabalhos a seco dos trabalhos no cais.

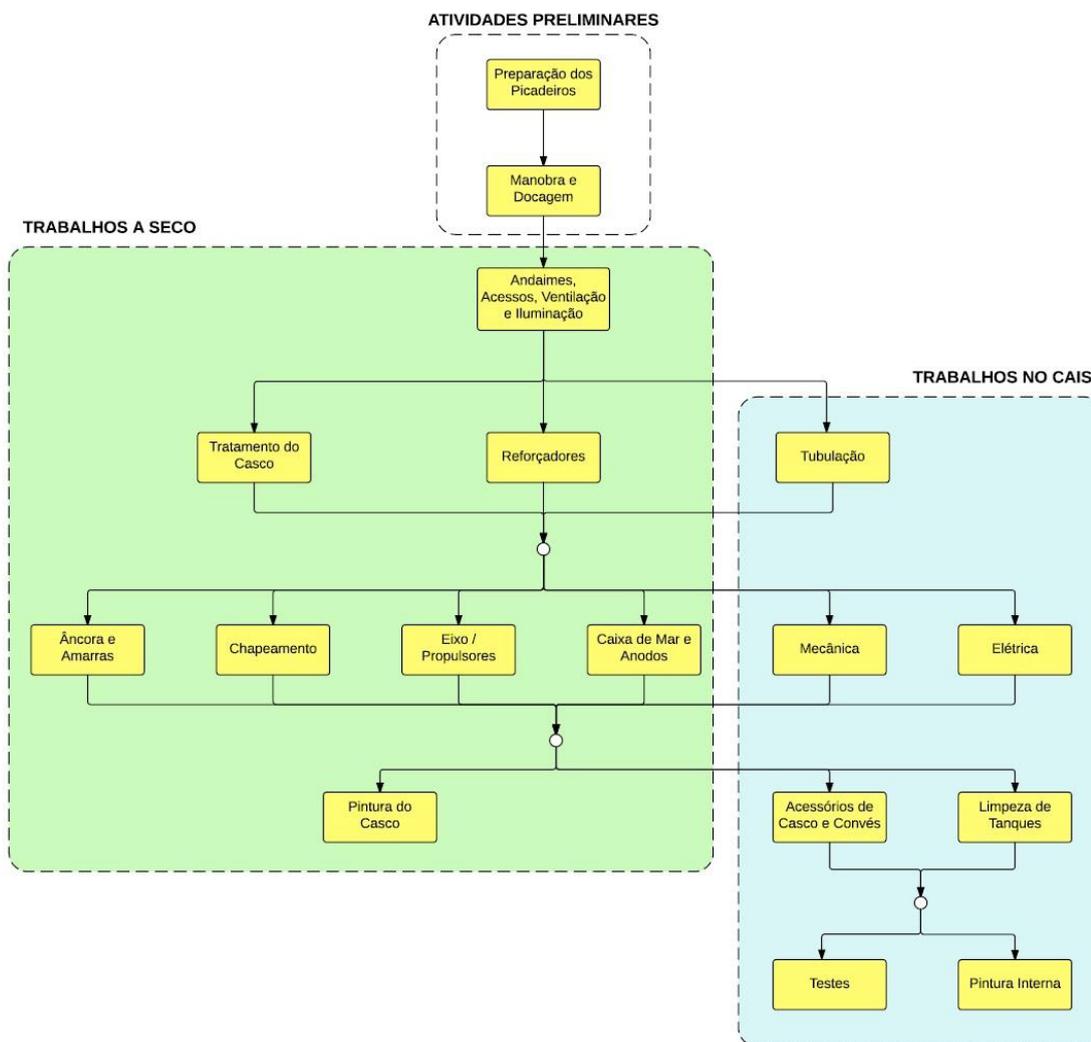


Figura 5.8 - Fluxo de trabalhos - Trabalhos a seco versus Trabalhos no cais

Por fim, tendo sido feita essa divisão, é determinado o fluxo final de trabalhos realizados no estaleiro. De início o navio é levado a seco no dique e são realizadas as atividades que devem ocorrer fora da água. Em seguida, tendo sido concluídos todos os reparos no casco e garantida a estanqueidade, o navio é retirado do dique e é levado ao cais, onde serão executados os trabalhos finais de reparo.

O fluxo de trabalhos, da maneira como será realizado no estaleiro em questão, é apresentado a seguir.

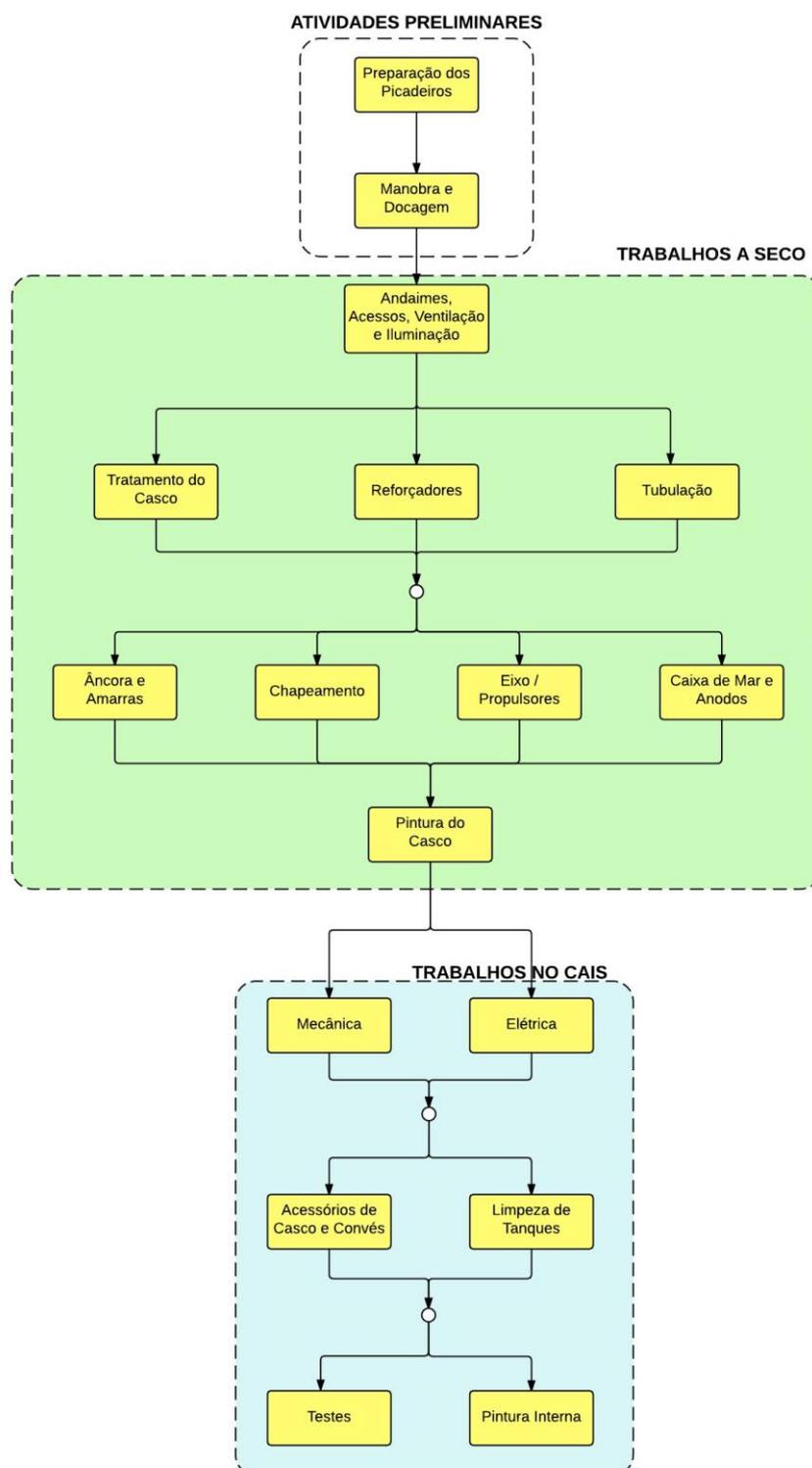


Figura 5.9 - Fluxo de trabalhos - Final

#### 5.4 Detalhes do Projeto

Algumas considerações adicionais foram feitas para definição desse arranjo para o estaleiro de reparos. Elas são listadas abaixo.

- Ancoragem do dique – Optou-se por utiliza a mesma solução de ancoragem do estaleiro Dock Bras. Assim, o dique flutuante fica preso a duas estacas que permitem seu movimento vertical.
- Posição do dique flutuante– O dique deverá ficar disposto transversalmente à costa. Isso possibilita uma maior disponibilidade de área de cais.
- Área de manobra de rebocador e balsa – É considerada uma área livre para manobra e saída do rebocador que auxilia a entrada das embarcações no dique.
- Balsa entre o cais e o dique - A solução empregada para manter a ligação entre o dique e o estaleiro será a utilização de uma balsa (dimensões: 15m x 5m) entre o cais e o pontoon.

## 5.5 Arranjo Básico do Estaleiro

Tendo sido definidas as premissas de projeto, considerando os detalhes de operação do estaleiro e a sequência de atividades, é finalmente proposto um arranjo para o estaleiro de reparos. Ele é mostrado a seguir.

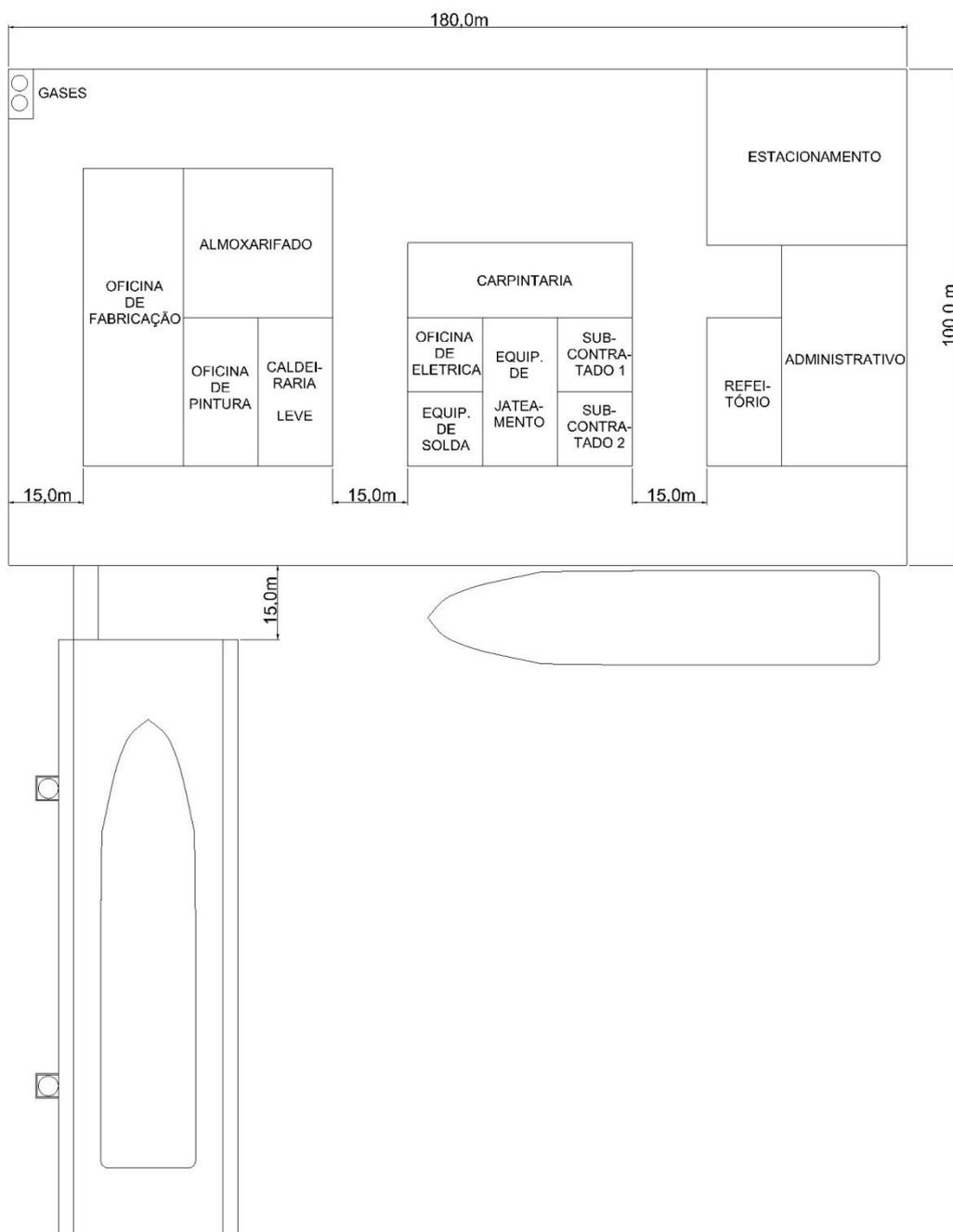


Figura 5.10 - Arranjo básico do estaleiro

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Associação Brasileira das Empresas de Apoio Marítimo. ABEAM. “Frota de embarcações de apoio marítimo em operação no Brasil”. Dezembro de 2014.
- [2] Centro de Estudos de Gestão Naval. CEGN. Balanço da oferta e demanda do mercado brasileiro de reparos navais. São Paulo: s.n., 2009.
- [3] International Association of Classification Societies. IACS. *Classification societies – what, why and how?*. London: s.n. 2015.
- [4] DNV-GL. Rules for classification of ships, Part 7 Fleet in service, Chapter 1 - Survey requirements for fleet in service/ Ed. Oct. 2015
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Dry\\_dock](https://en.wikipedia.org/wiki/Dry_dock) - Acesso em 16/02/2016
- [6] American Society of Civil Engineers. ASCE. *Safe Operation and Maintenance of Dry Dock Facilities*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 121. 2010.
- [7] Butler, Don. *Guide to Ship Repair Estimates (In Man-Hours)*. 1 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
- [8] Heger, Robert. Heger Dry Dock, Inc. *Dockmaster Training Manual*. Holliston: 2005.
- [9] Zehetmeyer, Marina M. R. de Oliveira. *Hydrolift para estaleiro de reparos de navios*. 2014. 69 p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Naval e Oceânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [10] Lamb, Thomas (Ed.). *Ship Design and Construction*. Alexandria,VA: Sheridan Books. 2003.
- [11] Moura, Delmo A. de. *Análise dos Principais Segmentos da Indústria Marítima Brasileira: Estudo das Dimensões e dos Fatores Críticos de Sucesso Inerentes à sua Competitividade*. 2008. 304 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [12] Surveyor Magazine. Houston, TX: American Bureau of Shipping. Inverno de 2012.
- [13] Engenharia e Vida. *Projectos e Obras: Estaleiro Naval da Mitrena – Setúbal*, Lisboa, n. 31, p. 24-31, janeiro de 2007..
- [14] Soletanche Bachy. Concarneau Dry Dock. *Design and Construction as Main Contractor of Dry Dock*.
- [15] White, S.; Maguire, S.; *Innovative Expansion of Dry Dock Facilities plus Other Innovations in Dry Dock Design*. In: NSRP All-Panel Meeting, 2013.

- [16] Corrêa, C. P.; Botelho, M.F.; Alves, G.D.; Palma, M.A.W.; Nishimoto, K.; Alves, J.A.; *Operação de Load-in do Submarino Timbira*. In: 19º Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária – XIX Copinaival, 2005.
- [17] García, S. R.; Sarmiento, J. R.; *Cuaderno 0 – Memoria del Proyecto*. 2013. 31 p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Naval) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [18] García, S. R.; Sarmiento, J. R.; *Cuaderno 1 – Localización*. 2013. 27 p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Naval) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [19] García, S. R.; Sarmiento, J. R.; *Cuaderno 2 – Instalaciones de un astillero*. 2013. 87 p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Naval) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [20] García, S. R.; Sarmiento, J. R.; *Cuaderno 5 – Disposición del astillero*. 2013. 135 p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Naval) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

## 7 ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA AO AMRJ

### Entrevista – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro

INSTALAÇÃO DE DOCAGEM	Tipo	LOA(m)	B ext (m)	B(m)	T(m)	D(m)	DWT
Dique Almirante Régis	D. Seco	254,58	n/a	35,96		15,51	80.000
Dique Almirante Jardim	D. Seco	165,15	n/a	19,00		11,21	16.000
Dique Santa Cruz	D. Seco	88,45	n/a	9,15		8,5	2.500
Dique Alte Schieck	D. Flutuante	100,00	?	14,00	?	?	5.000
Carreiras Principais	Carreira	116,00	n/a	25,00	n/a	n/a	

### DIQUE SECO

1. Listagem dos diques e dimensões. Ano de construção.
2. Sobre ampliação, manutenção e estrutura do dique:
  - a. Já foram feitas obras de ampliação nos diques?
  - b. Já foram feitas grandes reformas nos diques?
  - c. Qual a frequência de manutenção?
  - d. Quais os tipo de reparo mais frequentes?
  - e. Há grupo especializado para manutenção?
  - f. O dique tem sistema de drenagem de água de infiltração? Possui bombas de drenagem?
  - g. Quais os principais problemas/desafios relacionados à manutenção?
  - h. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?
3. Sobre o portão:
  - a. Quais os tipos? Dimensões.
  - b. Onde o portão foi fabricado?
  - c. Já houve troca do portão?
  - d. Já houve modificação do tipo de portão?
  - e. Qual a frequência de reparos na estrutura do portão?
  - f. Os reparos são feitos com mão-de-obra do AMRJ?
  - g. Quais os componentes do sistema de lastro do portão?
  - h. Como é feita a movimentação dos portões nas operações de docagem?
  - i. Qual o tempo médio de movimentação na abertura e fechamento do dique?

- j. Quais os principais problemas/desafios relacionados ao portão?
- k. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

4. Sobre os projetos já realizados nos diques:

- a. Quais as embarcações docadas com maior frequência?
- b. Qual a maior embarcação já docada?
- c. Já foram docadas duas ou mais embarcações ao mesmo tempo em um dique?  
Quais os tipos/dimensões?
- d. Já foram feitas obras de construção de novas embarcações?
- e. Existem limitações (que não sejam dimensionais) sobre as embarcações a serem docadas?
- f. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

5. Sobre o alagamento/desalagamento do dique:

- a. Qual o método de alagamento dos diques?
- b. Qual o tempo médio de alagamento?
- c. Qual o método de desalagamento dos diques?
- d. Qual o tempo médio de desalagamento?
- e. Qual o sistema de bombas de desalagamento?
- f. Qual a frequência de manutenção das bombas?
- g. Quais os principais problemas/desafios relacionados ao alagamento/desalagamento?
- h. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

6. Sobre a operação de docagem:

- a. Onde é feito o plano de docagem? Qual o tempo médio de execução do plano?
- b. Como é feita a movimentação dos picadeiros?
- c. Há problemas com trim/banda do navio?
- d. Quais os principais problemas/desafios relacionados às operações de docagem?
- e. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

## DIQUE FLUTUANTE

1. Listagem dos diques e dimensões. Ano de construção.
  
2. Sobre ampliação, manutenção e estrutura do dique:
  - a. Onde o dique foi construído/convertido?
  - b. É obra nova ou conversão?
  - c. Já foram feitas obras de ampliação no dique?
  - d. Já foram feitas grandes reformas no dique?
  - e. O dique flutuante já foi docado?
  - f. Qual a frequência de manutenção?
  - g. Quais os tipos de reparo mais frequentes?
  - h. Há grupo especializado para manutenção?
  - i. Quais os principais problemas/desafios relacionados à manutenção?
  - j. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?
  
3. Sobre os projetos já realizados nos diques:
  - a. Quais as embarcações docadas com maior frequência?
  - b. Qual a maior embarcação já docada?
  - c. Já foram docadas duas ou mais embarcações ao mesmo tempo em um dique?  
Quais os tipos/dimensões?
  - d. Já foram feitas obras de construção de novas embarcações?
  - e. Existem limitações (que não sejam dimensionais) sobre as embarcações a serem docadas?
  - f. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?
  
4. Sobre o lastro/deslastro do dique:
  - a. Quais os principais componentes e características do sistema de lastro?
  - b. Há sala de controle de bombas e válvulas?
  - c. Qual o tempo médio de lastro?
  - d. Qual o tempo médio de deslastro?
  - e. Qual a frequência de manutenção das bombas e válvulas?

- f. Quais os principais problemas/desafios relacionados ao lastro/deslastro?
- g. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

5. Sobre a operação de docagem:

- a. Em que local é feita a operação de load-on/load-out?
- b. Quais os equipamentos e embarcações de apoio necessários para essa operação?
- c. Onde é feito o plano de docagem? Qual o tempo médio de execução do plano?
- d. Como é feita a movimentação dos picadeiros?
- e. Há problemas com trim/banda do dique?
- f. Há problemas com trim/banda do navio?
- g. Há problemas com deflexão do dique?
- h. Quais os principais problemas/desafios relacionados às operações de docagem?
- i. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

6. Outros:

- a. Qual o tipo de ancoragem? Dimensões.
- b. O dique é movimentado para diferentes posições no estaleiro?
- c. Além do sistema de lastro, quais os equipamentos e sistemas a bordo?
- d. Quando se tem um embarcação para docagem, como é feita a escolha entre dique seco e dique flutuante?

## 8 ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA AO ESTALEIRO DOCK BRAS

### Entrevista – Dock Bras

#### Dique Flutuante Dockshore I – Niterói - RJ

<b>Instalação de Docagem</b>	<b>LOA</b>	<b>B ext</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>D</b>	<b>DWT</b>
<b>DF Dockshore I</b>	<b>118</b>	<b>34</b>	<b>28</b>		<b>3,5</b>	<b>7.000</b>

#### DIQUE FLUTUANTE

7. Sobre ampliação, manutenção e estrutura do dique:
  - a. Onde o dique foi construído/convertido?
  - b. É obra nova ou conversão?
  - c. Já foram feitas obras de ampliação no dique?
  - d. Já foram feitas grandes reformas no dique?
  - e. O dique flutuante já foi docado?
  - f. Qual a frequência de manutenção?
  - g. Quais os tipos de reparo mais frequentes?
  - h. Há grupo especializado para manutenção?
  - i. Quais os principais problemas/desafios relacionados à manutenção?
  - j. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?
  
8. Sobre os projetos já realizados nos diques:
  - a. Qual a capacidade de docagem?
  - b. Quais as embarcações docadas com maior frequência?
  - c. Qual a maior embarcação já docada?
  - d. Já foram docadas duas ou mais embarcações ao mesmo tempo em um dique?  
Quais os tipos/dimensões?
  - e. Já foram feitas obras de construção de novas embarcações?
  
9. Sobre o lastro/deslastro do dique:

- a. Quais os principais componentes e características do sistema de lastro?
- b. Há sala de controle de bombas e válvulas?
- c. Qual o tempo médio de lastro?
- d. Qual o tempo médio de deslastro?
- e. Qual a frequência de manutenção das bombas e válvulas?
- f. Quais os principais problemas/desafios relacionados ao lastro/deslastro?
- g. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

10. Sobre a operação de docagem:

- a. Em que local é feita a operação de float-on/float-off?
- b. Quais os equipamentos e embarcações de apoio necessários para essa operação?
- c. Onde é feito o plano de docagem? Qual o tempo médio de execução do plano?
- d. Como é feita a movimentação dos picadeiros?
- e. Quais os principais problemas/desafios relacionados às operações de docagem?
- f. Quais modificações poderiam melhorar esse aspecto?

11. Outros:

- a. Qual o tipo de ancoragem? Dimensões.
- b. O dique é movimentado para diferentes posições no estaleiro?
- c. Além do sistema de lastro, quais os equipamentos e sistemas a bordo?

**DOCAGEM DE PSV**

- a. Qual o escopo básico do reparo desse tipo de navio?
- b. Há atividades feitas no cais?
- c. Quais os principais problemas no reparo de PSV dentro do dique?
- d. Existem atividades que não podem ocorrer no dique flutuante?
- e. Como é feito o reparo dos propulsores do tipo azimutal?
- f. É feita retirada de eixo propulsor?
- g. Número de pessoas que trabalham no dique
- h. Qual o equipamento de movimentação de carga utilizado?
- i. Há parada de produção devido a chuva?

**Atividades feitas em paralelo:**

**Tempo médio de atividades de reparo**

Float-on / Float-off	
Preparação dos picadeiros	
Limpeza de casco	
Pintura	
Leme	
Propulsor	
Caixas de mar	
Tubulação	
Ancoragem	
Reparos estruturais	
Reparos mecânicos/máquinas	
Válvulas	
Elétrica	
Limpeza/testes de tanques	