

**Escola Superior Náutica Infante D. Henrique**

Departamento de Engenharia Marítima

Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas



**Elaboração e Implementação de um Plano Geral de Manutenção  
Preditiva, Preventiva e Curativa em Aplicações Navais**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia de Máquinas Marítimas

**Xavier Sobral Ramos dos Santos**

(Licenciado em Engenharia de Máquinas Marítimas)

Orientador:

**Professora Doutora Rosa Marat-Mendes**

Julho 2025



**Escola Superior Náutica Infante D. Henrique**

Departamento de Engenharia Marítima

Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas



**Elaboração e Implementação de um Plano Geral de Manutenção  
Preditiva, Preventiva e Curativa em Aplicações Navais**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia de Máquinas Marítimas

**Xavier Sobral Ramos dos Santos**

(Licenciado em Engenharia de Máquinas Marítimas)

Orientador:

**Professora Doutora Rosa Marat-Mendes**

Julho 2025



## Reflexão

*“Todo o homem tem duas vidas. A segunda começa quando ele percebe que só tem uma.”*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Frase frequentemente atribuída a Confúcio, embora não haja evidências concretas que seja da sua autoria.



## Resumo

Uma manutenção eficaz de equipamentos e sistemas navais é fundamental para garantir e assegurar a operacionalidade e a segurança dos navios que estão expostos a ambientes marítimos desafiadores, assim como a inúmeras horas de funcionamento.

Os planos de manutenção permitem criar e atribuir listas de trabalhos específicos para acompanhar o progresso das tarefas e registrar informações relevantes, tais como o histórico de manutenção e dados de fiabilidade dos equipamentos.

Esta dissertação, propõe assim, a elaboração e implementação de um plano de manutenção preditivo, preventivo e curativo, visando maximizar a disponibilidade dos sistemas e reduzir os custos associados à manutenção.

Existe assim, uma necessidade em implementar estes planos nos *softwares* de manutenção, onde organizem e acompanhem todas as atividades de manutenção dos equipamentos e sistemas navais.

A dissertação explora as mais recentes práticas de manutenção, destacando a prevenção de falhas através de inspeções regulares, substituição de peças desgastadas e acompanhamento contínuo do estado dos equipamentos. Salienta-se a manutenção preditiva, que utiliza técnicas avançadas para prever falhas antes que estas ocorram, minimizando o tempo de inatividade e os custos de reparação.

Na presente dissertação ainda é apresentado um caso de estudo demonstrando a aplicação do plano proposto e do *software* de manutenção *Helm* na otimização do desempenho operacional das rotinas de manutenção em aplicações navais através da introdução das listas de rotinas do rebocador Med Antares. O caso de estudo demonstra que as políticas de manutenção preditiva são essenciais, permitindo prever falhas antes que ocorram e minimizando os tempos de inatividade e os custos de reparação. As rotinas de manutenção preventiva ajudam a prolongar a vida útil dos equipamentos, destacando a necessidade de uma abordagem integrada e estruturada.

Espera-se que este trabalho contribua para o avanço da manutenção naval e promova abordagens proativas baseadas nos dados fornecidos.

**Palavras-chave:** Manutenção naval, Manutenção preditiva, Manutenção preventiva, Manutenção corretiva, *Softwares* de gestão, *Software Helm*.

## Abstract

Effective maintenance of naval equipment and systems is essential to ensure the operational readiness and safety of ships, which are exposed to challenging maritime environments and numerous hours of operation.

This dissertation thus proposes the development and implementation of a predictive, preventive, and corrective maintenance plan aimed at maximizing system availability and reducing associated maintenance costs.

Maintenance plans allow for the creation and assignment of specific task lists for each type of maintenance, tracking task progress, and recording relevant information, such as maintenance history and equipment reliability data. Therefore, there is a need to implement these plans in maintenance software that organizes and monitors all maintenance activities for naval equipment and systems.

The dissertation explores the latest maintenance practices, highlighting failure prevention through regular inspections, replacement of worn parts, and continuous monitoring of equipment status. The significance of predictive maintenance is emphasized, as it uses advanced techniques to predict failures before they occur, minimizing downtime and repair costs.

This dissertation presents a case study demonstrating the application of the proposed plan and the Helm maintenance software in optimizing the operational performance of maintenance routines in naval applications through the introduction of routine lists for the tugboat Med Antares. The case study shows that predictive maintenance policies are essential, allowing for the prediction of failures before they occur and minimizing downtime and repair costs. Preventive maintenance routines help extend the lifespan of equipment, underscoring the need for an integrated and structured approach.

It is expected that this work will contribute to the advancement of naval maintenance and promote proactive approaches based on the data provided.

**Keywords:** Naval maintenance, Predictive maintenance, Preventive maintenance, Corrective maintenance, Management programs, Helm program.

## Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão à minha família, cujo apoio incondicional e encorajamento constante foram fundamentais ao longo deste percurso académico. A paciência e o carinho que sempre demonstraram deram-me a força necessária para superar os desafios deste trabalho.

Agradeço também à Medtug Sines e aos meus colegas, que me proporcionaram um ambiente de trabalho acolhedor e colaborativo. A troca de conhecimentos e a experiência prática adquirida durante este período foram de extrema importância para o desenvolvimento desta dissertação.

Por fim, deixo o meu sincero agradecimento à Professora Doutora Rosa Marat-Mendes, pela sua orientação, conselhos valiosos e disponibilidade constante. O seu apoio foi imprescindível para a conclusão deste trabalho, e estou profundamente grato pela sua orientação ao longo deste percurso.

A todos, o meu muito obrigado.



# Índice

Resumo.....	v
Abstract .....	vi
Agradecimentos.....	vii
Lista de figuras .....	xiii
Lista de tabelas .....	xvii
Lista de siglas/ abreviaturas .....	xix
Glossário.....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2. Perspetiva histórica .....	5
2.1 Evolução marítima .....	5
2.2 Evolução da manutenção.....	11
3. Manutenção .....	15
3.1 Definição .....	15
3.2 Objetivo e funções.....	15
3.3 Tipos de manutenção.....	17
3.3.1 Manutenção planeada .....	19
3.3.1.1 Manutenção corretiva proativa .....	19
3.3.1.2 Manutenção preventiva .....	21
3.3.1.3 Manutenção preditiva.....	23
3.3.1.4 Manutenção de Melhoria .....	27
3.3.2 Manutenção não planeada .....	29
3.3.2.1 Manutenção corretiva reativa ou curativa.....	29

3.4	Gestão de manutenção computadorizada.....	30
3.4.1	Perspetiva histórica .....	30
3.4.2	Indústria marítima .....	31
3.4.3	<i>Softwares</i> mais utilizados na indústria marítima.....	33
3.4.4	Estrutura SFI .....	37
4.	Implementação do plano de manutenção .....	41
4.1	Rebocador.....	41
4.1.1	Dimensões e características.....	43
4.1.2	Equipamentos na casa da máquina.....	44
4.1.3	Equipamentos do convés .....	50
4.2	<i>Software</i> de gestão.....	56
4.3	Plano de manutenção.....	60
5.	Análise de resultados.....	71
5.1	<i>Software</i> de gestão de manutenção.....	71
5.2	Lista de rotinas de manutenção .....	72
5.3	Caso de estudo.....	76
6.	Conclusões e trabalhos futuros.....	81
6.1	Conclusões .....	81
6.2	Trabalhos futuros.....	82
	Bibliografia.....	83
	Anexos.....	89
	Anexo A – Rotinas de manutenção .....	91
	Máquina de BB [38] [39] .....	91
	Máquina de EB [38] [39] .....	95
	Embraiagem BB [37] .....	100
	Embraiagem EB [37].....	101

Propulsor BB [40] .....	102
Propulsor EB [40].....	104
Sistema de rotação do propulsor BB [40] .....	106
Sistema de rotação do propulsor EB [40].....	106
Gerador Auxiliar de BB [41].....	107
Gerador auxiliar de EB [41] .....	108
Sistema de CO <sub>2</sub> [42].....	110
Sistema FiFi [43].....	111
Compressor de ar superior [44].....	113
Compressor de ar inferior [44] .....	114
Estação de tratamento de águas residuais [45].....	114
Guincho de manobra [46].....	115
Sistema de âncoras [47].....	116
Gato de reboque [48].....	116
Cabrestante da popa [49].....	117
Anexo B – <i>Software Helm Connect</i> .....	119
<i>Helm Connect Operações</i> .....	119
<i>Helm Connect Conformidade e Auditorias</i> .....	122
<i>Helm Connect Tripulações</i> .....	125
Anexo C – Análise de óleos .....	129
Propulsor de BB .....	129
Embraiagem de BB .....	130
Embraiagem de EB.....	131



## Lista de figuras

Figura 2-1 – Cronograma da evolução dos rebocadores [6] .....	10
Figura 2-2 – Propulsor azimutal com tubeira .....	11
Figura 2-3 – Propulsor cicloidal da Voith-Schneider .....	11
Figura 3-1 – Funções da gestão de manutenção [8] .....	16
Figura 3-2 – Tipos de manutenção (adaptada de [11] [14], [15]) .....	19
Figura 4-1 – Rebocador Med Antares .....	42
Figura 4-2– Disposição geral dos espaços da casa das máquinas: a) Máquina principal propulsora; b) Embraiagem; c) Propulsor; d) Gerador a diesel; e) Compressores de ar comprimido; f) Moto bomba do sistema FIFI.....	44
Figura 4-3 – Uma das Máquinas principais propulsoras.....	45
Figura 4-4 – Uma das Embraiagens de acoplamento a um dos propulsores.....	46
Figura 4-5 – Um dos Propulsores: a) Caixa do propulsor na casa do leme; b) Propulsor submerso .....	47
Figura 4-6 – Um dos geradores a diesel.....	48
Figura 4-7 – Um dos Compressores de ar comprimido .....	49
Figura 4-8 – Conjunto motobomba do sistema FiFi: a) Motor de acionamento; b) Bomba do sistema FiFi .....	50
Figura 4-9 – Disposição geral do convés superior: a) Monitor de combate a incêndio.....	51
Figura 4-10 – Disposição geral do convés: a) Bocais de incêndio do sistema FiFi; b) Guincho de manobra; c) Gato de reboque; d) Cabrestante; e) Sistema de âncoras .....	51
Figura 4-11 – Um dos monitores de combate a incêndio.....	52
Figura 4-12 – Um dos coletores de bocais de incêndio.....	52
Figura 4-13 – Guincho de manobra.....	53
Figura 4-14 – Gato de reboque.....	54
Figura 4-15 – Cabrestante da popa.....	54
Figura 4-16 – Sistema de âncoras do rebocador .....	55

Figura 4-17 – Janela para criação de uma tarefa .....	58
Figura 4-18 – Janela da Manutenção planeada .....	59
Figura 4-19 – Janela do inventário .....	59
Figura 4-20 – Janela da lista de requisições efetuadas .....	60
Figura 4-21 – Folhas da Lista de Rotinas .....	62
Figura 4-22 – Janela para criação e edição de rotinas de manutenção .....	65
Figura 4-23 – Rotinas de manutenção dos 2 anos de funcionamento do Compressor de ar ....	66
Figura 4-24 – Janela do plano de manutenção do Compressor de ar .....	67
Figura 4-25 – Tarefa de manutenção dos 6m de funcionamento do Compressor de ar comprimido .....	67
Figura 4-26 – Descrição das funções da barra de título da janela da Figura 4-25 .....	68
Figura 4-27 – Rotinas a realizar para completar a tarefa de manutenção .....	70
Figura 4-28 – Janela de nova tarefa para reportar uma falha .....	70
Figura 5-1 – Menu de acesso às funções do Helm Connect .....	71
Figura 5-2 – Acesso às rotinas de manutenção .....	72
Figura 5-3 – Exemplo de uma tabela de registo da manutenção de um equipamento .....	75
Figura 5-4 – Tabela de registo de horas dos equipamentos .....	75
Figura 5-5 – Tabela de registo das quantidades de fluídos existentes e recebidos .....	76
Figura 5-6 – Tabelas com os consumos e médias semanais .....	76
Figura 5-7 –Inspeção ao interior de uma das Embraiagens .....	78
Figura B-1 - Aspeto da janela de Registos utilizada pelas tripulações .....	119
Figura B-2 – Exemplo de uma janela de Registos [50].....	120
Figura B-3 – Vista dos serviços em forma de barra de tempo .....	121
Figura B-4 – Vista dos serviços em forma de lista .....	121
Figura B-5 – Exemplo de uma lista de gestão de faturação [50] .....	122
Figura B-6 – Gestão de certificados da frota.....	123

Figura B-7 – Lista de formulários preenchidos.....	123
Figura B-8 – Lista de documentos .....	124
Figura B-9 – Lista de auditorias .....	125
Figura B-10 – Lista de acesso aos tripulantes para verificar a sua certificação.....	125
Figura B-11 – Escala de serviço dos tripulantes .....	126
Figura B-12 – Exemplo de uma janela de Pagamento [52].....	127
Figura B-13 – Janela de preenchimento de Período de Descanso.....	127



## Lista de tabelas

Tabela 2-1 – Linha de tempo do transporte marítimo (adaptado de [1] [2] [3]) .....	5
Tabela 2-2 – Gerações da manutenção .....	12
Tabela 3-1 - Grupo 6 e subgrupos do código SFI .....	39
Tabela 4-1 – Características do Rebocador .....	43
Tabela 4-2 – Descrição dos módulos do Helm .....	56
Tabela 4-3 – Excerto da lista de rotinas de manutenção de um Compressor de ar comprimido .....	63
Tabela 4-4 – Funções da barra de cabeçalho das tarefas de manutenção .....	69
Tabela 5-1 – Distribuição dos equipamentos a manter pelos dias da semana.....	74
Tabela 5-2 – Principais resultados das análises de óleo das Embraiagens.....	77
Tabela 5-3 – Plano de manutenção das embraiagens de acordo com o fabricante [37].....	79



## Lista de siglas/ abreviaturas

**A** – Ampére

**a.C.** – Antes de Cristo

**A/cm** – Absorção por centímetro

**AC** – Corrente alternada (*Alternating current*)

**Adim** – Adimensional

**AI** – Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*)

**AR** – Realidade aumentada (*Augmented reality*)

**BB** – Bombordo

**BD** – *Big Data*

**CM** – Manutenção corretiva reativa (*Corrective maintenance*)

**CMMS** – Sistemas de Gestão de Manutenção Computorizada (*Computerized Maintenance Management System*)

**CPS** – Sistema ciberfísico (*Cyber-Physical System*)

**DC** – Corrente contínua (*Direct current*)

**DL** – *Deep learning*

**DT** – *Digital twin*

**EB** – Estibordo

**ENIDH** – Escola Superior Náutica Infante D. Henrique

**ERP** - Planeamento de recursos empresariais (*Enterprise resource planning*)

**FiFi** – Sistema de combate a incêndio (*Fire fighting*)

**FPSO** – Unidade flutuante de produção, armazenamento e trasfega (*Floating production storage and offloading*)

**HSQE** – Saúde, segurança, qualidade e meio ambiente (*Health, safety, quality and environment*)

**Hz** – Hertz

**IM** – Manutenção de melhoria (*Improvement maintenance*)

**IoT** – Internet das coisas (*Internet of Things*)

**ISM** - Código Internacional de Gestão de Segurança (*International Safety Management Code*)

**kW** – kilo watts

**l/s** – Litros por segundo

**m** – Metro

**m/min** – Metros por minuto

**m<sup>3</sup>/h** – Metros cúbicos por hora

**MCR** – Carga máxima contínua (*Maximum Continuous Rating*)

**mg KOH/g** – Miligrama de hidróxido de potássio por grama

**mg/kg** – Miligrama por quilograma

**ML** – *Machine learning*

**mm** – Milímetros

**mm<sup>2</sup>/s** – Milímetros ao quadrado por segundo

**MPP** – Máquina principal propulsora

**OEE** – Eficácia geral de um equipamento (*Overall equipment effectiveness*)

**PCM** – Manutenção corretiva proativa (*Proactive corrective maintenance*)

**PdM** – Manutenção preditiva (*Predictive maintenance*)

**PM** – Manutenção preventiva (*Preventive maintenance*)

**RCM** – Manutenção centrada na fiabilidade (*Reliability-centered maintenance*)

**RaCM** – Manutenção corretiva reativa (*Reactive corrective maintenance*)

**rot.min<sup>-1</sup>** – Rotações por minuto

**Sec.** – Século

**SWL** – Carga segura de trabalho (*Safe working load*)

**TPM** – Manutenção produtiva total (*Total productive maintenance*)

**V** – Volt

**VR** – Realidade virtual (*Virtual reality*)

**ZH** – Zero hidrográfico



## Glossário

**Armador**<sup>1</sup> - Pessoa ou empresa que equipa, mantém e explora comercialmente uma ou mais embarcações mercantes.

**Arqueação bruta**<sup>1</sup> – O mesmo que *gross tonnage*, corresponde a todos os volumes interiores fechados do navio, com algumas exceções, atualmente é um número adimensional.<sup>2</sup>

**Arqueação líquida**<sup>1</sup> – O mesmo que *net tonnage*, corresponde ao volume de todos os espaços utilizados comercialmente, isto é, deduzem-se à arqueação bruta os espaços como tanques, casas de máquinas, alojamentos de tripulação, entre outros, determinados pelas regras de arqueação, atualmente é um número adimensional.<sup>2</sup>

**Batelão**<sup>1</sup> – São embarcações robustas, construídas em madeira ou em aço com fundo chato, empregues no desembarque ou transbordo de carga nos portos.

**Boca**<sup>1</sup> – Largura máxima de uma embarcação.

**Bombordo**<sup>1</sup> – É o lado esquerdo do navio, olhado da popa à proa, designado abreviadamente por BB.

**Cabrestante**<sup>2</sup> – Máquina de eixo vertical para levantar a âncora e enrolar cabos.

**Calado**<sup>1</sup> – É a distância vertical entre a superfície da água e a parte mais baixa do navio naquele ponto.

**Comprimento entre perpendiculares**<sup>1</sup> – É a distância medida entre as perpendiculares a vante e a ré. Nesta medida levamos em consideração a linha de água de projeto. Quando nos referirmos ao comprimento do navio e não for especificado como este foi medido, devemos entender este como o comprimento entre perpendiculares.

**Comprimento fora a fora**<sup>1</sup> – Esta medida é importante pois refere-se ao comprimento máximo do navio, as dimensões necessárias para o conter num cais ou numa doca seca. É medido paralelamente à linha de água de projeto, das partes mais salientes do navio, levando em conta as partes emersas ou imersas do mesmo.

**Convés**<sup>1</sup> – Pavimento da embarcação. O primeiro pavimento contínuo de proa a popa, junto à borda do casco.

---

<sup>1</sup> <https://www.transportes-xxi.net/tmaritimo/dicionario#>

<sup>2</sup> J. Cabral, O navio e as instalações de bordo, 1ª edição, Edição de autor, 2023

**Doca seca**<sup>1</sup> – Baía artificial que, quando fechada e bombeada a água do seu interior, coloca o navio em seco, tendo em vista levar a cabo ações de manutenção ou reparação na embarcação.

**Docagem**<sup>1</sup> – Ato de colocar o navio em doca-seca.

**Estibordo**<sup>1</sup> – É o lado direito do navio, olhado da popa à proa, designado abreviadamente por EB.

**Gato de reboque**<sup>1</sup> – Gato no qual o bico rebate e pode soltar rapidamente um cabo ao final da manobra de reboque ou em uma emergência.

**Guincho de manobra**<sup>3</sup> – É um equipamento mecânico utilizado para controlar e arrumar cabos de reboque.

**MCR**<sup>3</sup> – É a potência máxima que um motor pode produzir enquanto funciona continuamente em limites e condições seguras.

**Milha marítima**<sup>1</sup> – A milha marítima é igual a 1852 metros, que é a média da medida de um minuto de grau no meridiano e um minuto de grau no equador.

**Molinete**<sup>1</sup> – Coroa de Barbotin, saia ou ambos, montados num eixo horizontal comandado à mão, máquina ou ambos. Geralmente é duplo, isto é, tem duas coroas e duas saias; assim um guincho pode atender a duas amarras.

**Nó**<sup>1</sup> – Medida de velocidade equivalente a uma milha marítima (1852 m) por cada hora.

**Popa**<sup>1</sup> – Parte de trás de uma embarcação.

**Proa**<sup>1</sup> – Parte dianteira de uma embarcação.

**Tubeira**<sup>3</sup> – Estrutura circular em volta do hélice que permite aumentar a força propulsiva.

**Velocidade cruzeiro**<sup>4</sup> – Velocidade de um navio em condições normais ou ideais para um determinado percurso.

**Zero hidrográfico**<sup>5</sup> – O Zero Hidrográfico (ZH.) é um plano de referência convencional, situado abaixo do nível da maré astronómica mais baixa. O principal objetivo da sua implementação prende-se com a prática da navegação marítima tendo em vista a sua segurança. Em Portugal continental o ZH. está estabelecido 2,00 m abaixo do nível médio do mar adotado.

---

<sup>1</sup> <https://www.transportes-xxi.net/tmaritimo/dicionario#>

<sup>3</sup> The tug book, 2<sup>nd</sup> Edition, M.J. Gaston, 2009

<sup>4</sup> <https://dicionario.priberam.org/velocidade%20de%20cruzeiro>

<sup>5</sup> <https://www.portodelisboa.pt/glossario>

## 1. Introdução

A Medtug Sines<sup>1</sup> é uma empresa subsidiária da MSC (*Mediterranean Shipping Company*) que presta serviços de reboque no mar e em porto, bem como a procura e resgate marítimo, serviços marítimos diversos no mar e em porto, remoção de destroços, combate a incêndios, prevenção e combate à poluição no mar e em porto, assistência em manobras, assistência em ancoradouro a qualquer tipo de navio ou embarcação, assim como o transporte de pessoas e bens.

A Medtug Sines, surge no lugar de outras duas empresas similares em operação e atividade, a Svitzer<sup>2</sup> Portugal e a Portugs<sup>3</sup>. A Svitzer decidiu retirar-se em 2019 da sua atividade em Portugal, ficando a Portugs com todo o negócio da Svitzer em Portugal, a partir de janeiro de 2020.

Um ano após a Portugs assumir a operação da Svitzer surge a Medtug, mas apenas no Porto de Sines, conseguindo garantir toda a operação com o pessoal e os rebocadores que já colaboravam em Sines através da Portugs, transitando assim todos os seus funcionários para a nova empresa. No primeiro semestre da Medtug Sines toda a frota que tinha sido “herdada” da Portugs foi renovada. Com a saída do rebocador Portugs Portimão, veio o rebocador Portugs Setúbal (mudando de nome mais tarde para Med Setúbal) e posteriormente o Med Altair, permitindo assim também a saída do rebocador Portugs Açores e em julho surge mais um novo rebocador, o Med Antares. Estas duas últimas aquisições são dois rebocadores gémeos que será onde o tema desta dissertação se enquadrará.

### 1.1 Motivação

Ao iniciar a carreira nos rebocadores em julho de 2015, trabalhando em diversos rebocadores e todos eles com equipamentos distintos, desempenhando ao mesmo tempo várias funções a bordo, tanto ao nível de gestão como operacional, concedendo assim o conhecimento adequado para a realização do tema desta dissertação. Como referido na nota introdutória, após ter trabalhado em duas empresas que tinham cada uma delas os seus próprios *softwares* de gestão, permitindo alcançar conhecimentos de modo a tirar partido das vantagens e desvantagens que

---

<sup>1</sup> <https://www.maritimejournal.com/tugs-and-salvage/medtug-expanding-tug-fleet-for-msc/1462165.article>

<sup>2</sup> <https://svitzer.com/>

<sup>3</sup> <https://www.gruposousa.pt/company/portugs/>

cada *software* oferecia, e assim conseguir criar uma lista de rotinas de manutenção que se torne eficiente no novo *software* da empresa.

Associando as necessidades da empresa e do tema desta dissertação, surgiu assim a oportunidade de criar para os novos rebocadores um plano de manutenção e implementar o mesmo no *software* de gestão da empresa.

Este tema, por ter uma vertente prática e com aplicação real, traduz-se numa motivação extra para a sua realização. Outra vantagem, foi o total apoio por parte da empresa para desenvolver uma lista de rotinas de manutenção aplicáveis aos dois novos rebocadores e outros que possam surgir na frota da empresa com equipamentos idênticos.

### 1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal a elaboração e implementação de um plano geral de manutenção preditiva, preventiva e corretiva a aplicações navais.

De modo a alcançar o objetivo referido cumpriram-se as seguintes etapas:

- Criação de uma lista de rotinas de manutenção com base nos equipamentos do rebocador Med Antares;
- Definição dos vários tipos de manutenção;
- Lista dos equipamentos do rebocador;
- Descrição dos módulos de funcionamento do *Helm*;
- Aplicação da lista de rotinas no *software* de gestão de manutenção da empresa, o *Helm*.

### 1.3 Estrutura da dissertação

A estrutura e organização desta dissertação pretende apresentar inicialmente uma abordagem histórica e introdutória e posteriormente focar-se de uma forma mais detalhada no seu conteúdo.

A dissertação está então ordenada em seis capítulos principais, conforme descrito de seguida:

**Capítulo 1 – Introdução:** Apresenta a introdução e motivação para a escolha do tema, os objetivos da dissertação, e fornece uma visão geral do trabalho desenvolvido.

**Capítulo 2 – Perspetiva Histórica:** Aborda a evolução marítima e o desenvolvimento dos conceitos de manutenção naval ao longo dos anos, destacando a relevância da manutenção na indústria marítima atual.

**Capítulo 3 – Manutenção:** Descreve os conceitos de manutenção, os seus diferentes tipos (corretiva, preventiva, preditiva) e as suas características. Destaca também a importância da gestão da manutenção computadorizada.

**Capítulo 4 – Implementação do Plano de Manutenção:** Foca-se na implementação do plano de manutenção num rebocador em específico. Descreve o rebocador em detalhe e explica os equipamentos envolvidos, além de introduzir o *software* de manutenção e a sua aplicação prática através do *software Helm*.

**Capítulo 5 – Análise de Resultados:** Demonstra os pontos fortes e menos fortes do *software* de gestão utilizado, o *Helm*, e apresenta um caso de estudo para apresentar a aplicação prática do plano de manutenção proposto.

**Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros:** Conclui a dissertação, destacando as principais contribuições do estudo, as conclusões retiradas e sugerindo possíveis áreas de investigação futura para uma melhoria contínua da manutenção naval.

**Bibliografia:** Enumera as referências e fontes utilizadas ao longo da dissertação, fornecendo suporte teórico e prático para o trabalho realizado.

**Anexos:** Incluem informações adicionais, como as rotinas de manutenção desenvolvidas, as funcionalidades e aplicações do *software Helm Connect*, bem como ainda as análises de óleos detalhadas, que complementam e aprofundam os conteúdos abordados nos capítulos principais.



## 2. Perspetiva histórica

### 2.1 Evolução marítima

Sendo a grande parte da superfície do nosso planeta composto de água, o ser humano sempre teve a necessidade de criar estruturas que permitam navegar sobre esta, surgindo assim o conceito geral de “barco”. Podendo adotar diferentes aspetos e dimensões, o barco tem o objetivo de deslizar por cima de água transportando assim mercadorias e/ou tripulantes. Com a evolução da humanidade, os ditos barcos também evoluíram, deixando de ser exclusivamente a remos, passando a se movimentarem nas águas também por velas e/ou por equipamentos motorizados. Esta evolução tornou cada vez mais as embarcações complexas, como se pode confirmar através da linha de tempo da Tabela 2-1, necessitando assim de mais assistência e manutenção, mesmo que esta fosse apenas corretiva, o conceito desde cedo andou com certeza lado a lado com a indústria marítima. [1] [2] [3]

Tabela 2-1 – Linha de tempo do transporte marítimo (adaptado de [1] [2] [3])

<p><b>8000 a.C.</b></p> <p>Não se sabe ao certo a data em que surgiram as primeiras jangadas ou canoas, mas acredita-se que a canoa mais antiga foi encontrada na Holanda datada a 8000 anos a.C.</p>	
<p><b>6000 a.C.</b></p> <p>Os Egípcios desde 6000 a.C. que começaram a desenvolver embarcações, tendo chegado mais tarde a embarcações de transporte de mercadorias e de guerra.</p>	
<p><b>1500 a.C.</b></p> <p>Os povos que banhavam o Mar Mediterrâneo tiveram a necessidade de se dedicar à pesca, comércio e pirataria. Nesta época já dispunham de embarcações de dimensões consideráveis.</p>	

No norte da Europa, na era dos Vikings já se usavam embarcações com pormenores interessantes, tendo evoluído mais tarde para construções mais robustas e com estruturas na popa e na proa.



700

No outro lado do mundo, os chineses não se ficaram atrás dos ocidentais, tendo construído embarcações de juncos e com uma manobrabilidade muito eficaz.



Sec. XV

Com o início da época dos descobrimentos, as embarcações evoluíram em tamanho, capacidades de carga e tripulação, bem como a navegação.



Em agosto de 1807 entrou ao serviço o primeiro navio a vapor. Nos 5 anos seguintes surgiram mais 50 navios deste tipo. Estes navios deslocavam-se devido às rodas de propulsão laterais.



Sec. XIX

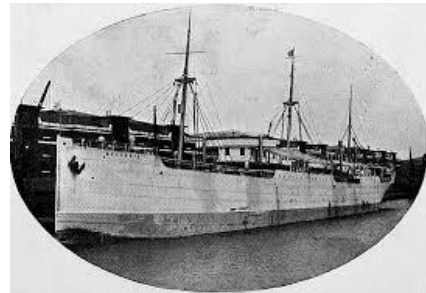
Em 1850 comprovou-se que a construção de navios em ferro não era só mais segura, como também mais fiável, duradoura e económica. Surgem assim os primeiros navios transatlânticos



A atualização dos navios militares para construções de ferro e sem a tradicional roda lateral de propulsão, tornou este tipo de navio no rei dos mares até à segunda guerra mundial.



Com o início do século surgem os primeiros navios movidos com motores de combustão. Em 1903 surgem duas embarcações, o *Vandal* e o *Petit Pierre*, e em 1912 surge o *Selandia* (imagem ao lado), o primeiro grande navio a utilizar este tipo de motores. Esta tecnologia virá a substituir os sistemas a vapor e perdurará até aos dias atuais.



## Sec. XX

Durante a segunda guerra mundial surgem os primeiros navios porta-aviões. Este conceito já tinha sido experimentado na primeira guerra, mas apenas na segunda guerra surgiram os navios dedicados a tal efeito.



Em meados de 1959 surge o primeiro navio mercante nuclear. Esta tecnologia já era utilizada na marinha de guerra, mas com o passar dos anos foi descontinuada.



## Sec. XXI

A introdução em 2021 de navios com tecnologia de navegação autónoma (como o *Yara Birkeland*, o primeiro navio totalmente elétrico e autónomo) começou a moldar o futuro do transporte marítimo, permitindo operações com menos tripulantes e maior eficiência.



<sup>1</sup> <https://www.flickr.com/photos/27862259@N02/7853808318>

<sup>2</sup> <https://splash247.com/worlds-first-zero-emissions-autonomous-boxship-readies-to-enter-service/>

No início do século XX começaram a surgir embarcações movidas por motores *diesel*, nomeadamente em 1903 entraram ao serviço dois navios, o *Vandal* [2] e o *Petit Pierre* [2] para operação em rios e canais. O primeiro navio de grande porte com este tipo de máquinas propulsoras foi o *Selandia* [2] em 1912. Este era capaz de transportar carga e passageiros, possuía duas máquinas principais propulsoras (MPP) *Burmeister & Wain* de grandes dimensões, mas produzindo apenas 920 kW a 140 rot.min<sup>-1</sup>. Com o passar dos anos, estes motores foram aprimorando o seu rendimento e potência, vindo a substituir mais tarde os sistemas propulsivos a vapor nos navios. Em 1939 os navios com motores a *diesel* constituíam 60% da tonelagem construída só naquele ano. [2] [4]

Os rebocadores hoje em dia são uma peça indispensável do sistema de transporte marítimo, sem estes, seria impossível realizar grande parte das manobras de navios em porto. No entanto, esta atividade como a conhecemos é um fenómeno recente na história marítima, tendo-se iniciado nos princípios do século XIX, apesar de haver registos de que os Egípcios já utilizavam barcaças para rebocar embarcações maiores ao longo do rio Nilo.

No início do século XIX, a par com a evolução da indústria marítima, em concreto com o aparecimento dos navios movidos a vapor com rodas de pás, surgia assim o primeiro rebocador em 1802 na Escócia, o *Charlotte Dundas*<sup>1</sup> [5], com a intenção de rebocar batelões com produtos agrícolas ao longo de canais. Na viagem inaugural, foi capaz de rebocar dois batelões de 70Ton ao longo de 30 km em seis horas, mas não chegou a fazer mais serviços porque os agricultores alegaram que a esteira produzida pelo rebocador provocaria erosão nas margens e alagaria as colheitas. Só ao fim de quase 30 anos após a construção do primeiro rebocador, em 1830, é que surgiu o primeiro rebocador com fins comerciais no rio Tamisa, o *Monarch* [5] com apenas 20 cavalos de potência (14,7 kW) e duas rodas de pás, uma em cada bordo [5]. Este conceito de rebocador é o primeiro da linha de evolução até aos atuais como pode ser observado na Figura 2-1.

A marinha Britânica, após alguns anos de testes conseguiu desenvolver um rebocador em 1837 com propulsão movida por um hélice. Porém esta tecnologia não convencia todos na época, até que em 1875 realizou-se um concurso, que consistia em dois rebocadores de deslocamento e potência similares, na qual um era movido por rodas de pás e o outro por um hélice. Os rebocadores foram conectados popa com popa, e como resultado desta competição, o rebocador movido por rodas de pás foi arrastado a 2,8 nós pelo rebocador movido por hélice. [5]

---

<sup>1</sup> <https://charlottedundas.com/the-charlotte-dundas/>

Até aos finais do século XIX, a evolução do rebocador acompanhou também a evolução da engenharia do vapor e a invenção do hélice, uma vez que o vapor se tornou eficiente e confiável e o hélice foi aceite, como se pode ver na Figura 2-1 no ano 1900. Os fatores mais importantes desta evolução foram o projeto de rebocadores para funções específicas e a padronização de projetos de rebocadores. Em vez de serem construídos para uso geral, os rebocadores foram construídos para um uso específico e podiam ser facilmente identificados por tipo; rebocadores portuários, rebocadores de salvamento e resgate, rebocadores costeiros, e rebocadores usados para fins estritamente definidos, como por exemplo os envolvidos no reboque de batelões.

Mais uma vez a par da evolução da indústria marítima, nos inícios do século XX, com a introdução de motores de combustão interna, que não foi logo aceite pelos mais conservadores, mas assim que foi provado o potencial da energia a *diesel*, rapidamente se mudou a mentalidade, sendo que a primeira guerra mundial foi o ponto de viragem. Os motores *diesel* conseguiam ser mais leves que uma instalação de máquinas a vapor, seriam mais económicos e requeriam menos tripulantes para a sua operação. Após a primeira guerra as novas construções já dispunham de motores *diesel* e alguns navios já existentes com instalações a vapor foram convertidos para motores a *diesel*. Após a segunda grande guerra, na década de 1950, praticamente desapareceram os rebocadores a vapor e movidos por rodas de pás (Figura 2-1).

Em meados do século XX (Figura 2-1), com os motores *diesel*, surgiram assim melhorias radicais nos sistemas de propulsão, melhores engrenagens e transmissões, sistemas de leme melhorados, melhor eficiência propulsiva, derivada por invenções como a tubeira em volta do hélice (Figura 2-2), e novos sistemas de propulsão, como o hélice cicloidal da *Voith-Schneider* (Figura 2-3). [5]

Na década de 1980, surgem os primeiros rebocadores com propulsão azimutal, seja com tração à popa ou à proa (Figura 2-1). [6]

Assim, com o aparecimento do motor *diesel*, os novos sistemas de propulsão e equipamentos eficientes como os guinchos de reboque automáticos, cabos sintéticos e de aço, sistemas hidráulicos, eletrónica de navegação e afins ajudaram a criar os super rebocadores de hoje, cujas capacidades são impressionantes em comparação com os rebocadores de apenas algumas décadas atrás (Figura 2-1). [5] [6]

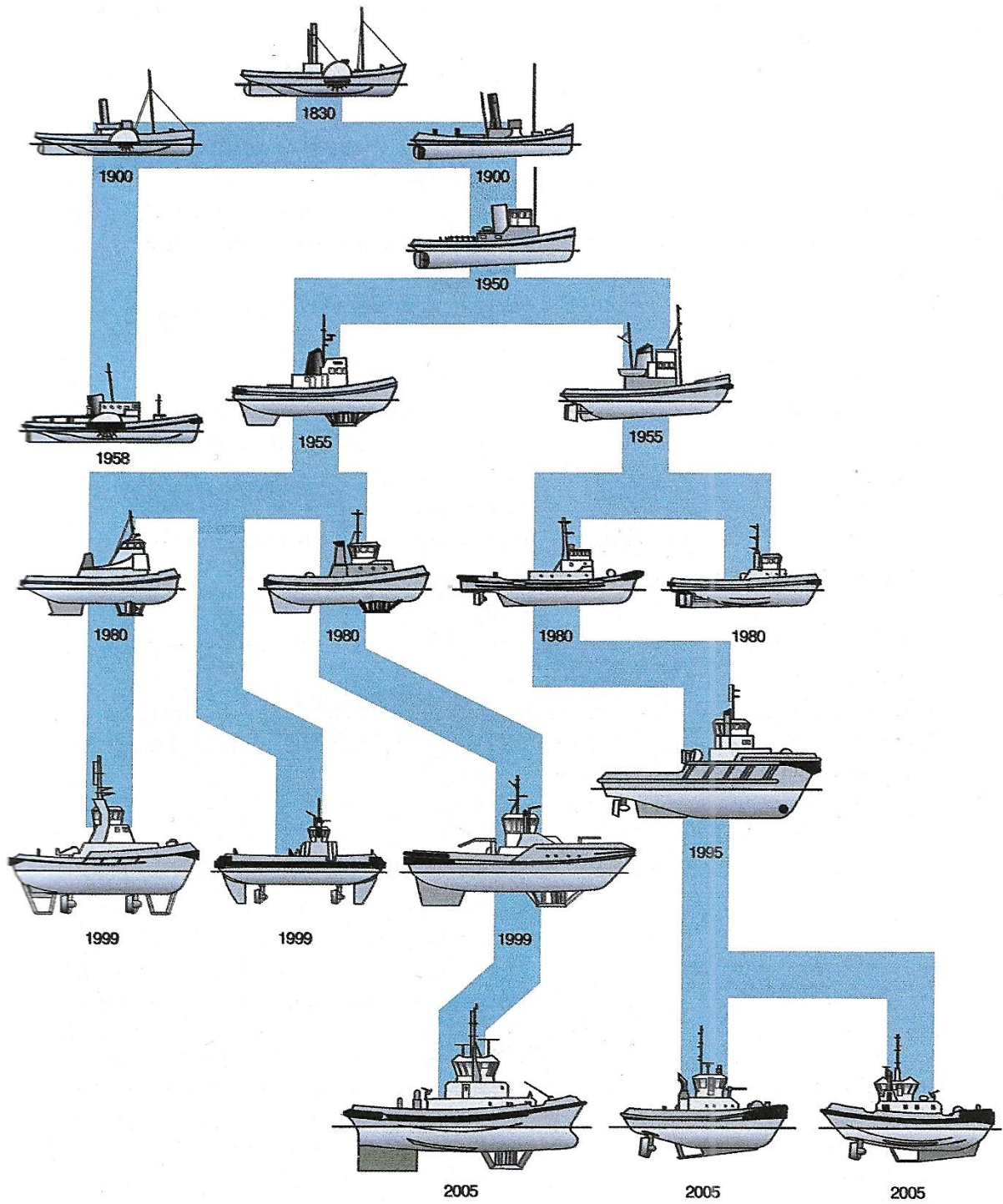
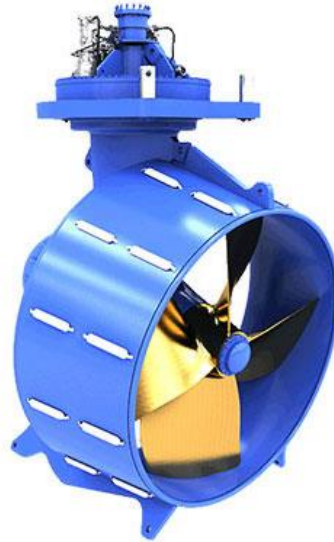


Figura 2-1 – Cronograma da evolução dos rebocadores [6]



*Figura 2-2 – Propulsor azimutal com tubeira <sup>1</sup>*



*Figura 2-3 – Propulsor cicloidal da Voith-Schneider <sup>2</sup>*

## 2.2 Evolução da manutenção

A manutenção é tão antiga quanto a humanidade, pois desde que o ser humano começou a criar ou construir abrigos, roupas, ferramentas, armas entre outras coisas, estas criações a seu tempo precisariam de algum tipo de manutenção. Com certeza que o conceito de manutenção nem

---

<sup>1</sup> <https://www.thrustmaster.net/azimuth-thrusters/underwater-demountable-azimuth-thrusters/>

<sup>2</sup> <https://voith.com/corp-en/drives-transmissions/voith-schneider-propeller-vsp.html>

sempre foi como é conhecido nos dias de hoje, mas se um abrigo fosse danificado por alguma causa, o instinto do ser humano seria reparar, daí pessoalmente acreditar na antiguidade do conceito de manutenção.

Só mais recentemente na história da humanidade é que se começou a valorizar a manutenção, mais concretamente no último século, podendo ser definida em quatro gerações.

Ao longo das gerações referidas na Tabela 2-2, os conceitos de manutenção foram-se adaptando e evoluindo ao longo dos tempos [7]. Até à segunda guerra mundial, 1939-1945, a política de manutenção baseava-se na reparação depois de partir ou avariar. Com equipamentos mais simples e menos sofisticados que os de hoje em dia, a prevenção de falhas nos equipamentos e o custo do tempo de paragem não eram críticos. Para além da reparação do equipamento danificado, as atividades de manutenção eram simples como apenas limpar e lubrificar. [8]

*Tabela 2-2 – Gerações da manutenção*

1930 a 1950	1950 a 1990	1990 a 2000	A partir de 2000
1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Corretiva	Corretiva Preventiva	Corretiva Preventiva Preditiva	Manutenção de melhoria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar apenas quando avaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade de produção;</li> <li>• Aumento da vida útil dos equipamentos;</li> <li>• Redução de custos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta disponibilidade de produção</li> <li>• Maior fiabilidade</li> <li>• Aumento da segurança;</li> <li>• Melhor qualidade de produção;</li> <li>• Amiga do ambiente;</li> <li>• Aumento da vida útil dos equipamentos;</li> <li>• Melhor relação custo-benefício.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção centrada na fiabilidade;</li> <li>• Otimização dos custos de manutenção;</li> <li>• Processo de melhoria contínua.</li> </ul>

Após a segunda guerra mundial, 1960-1990, surgiu um novo termo, “terotecnologia”, que foi inicialmente definido como “...uma combinação de práticas administrativas, financeiras, de

engenharia, entre outras, aplicada aos custos económicos do ciclo de vida de um equipamento” [8]. Devido ao aumento dos custos e inflação, o foco passou a ser a redução do tempo de inatividade dos equipamentos e, conseqüentemente, a manutenção preventiva passou a ser uma atividade importante. Ainda nesta época, surgiram pesquisas para o desenvolvimento de modelos de manutenção preventiva, juntamente com a importância do planeamento e programação das rotinas de manutenção. Surgem também os primeiros planos de gestão da manutenção.

Durante os anos 80 ocorreram vários acidentes trágicos nas diversas indústrias, e assim se interiorizou realmente a importância da manutenção, fazendo com que esta passasse a ser reconhecida na estratégia de organização das empresas, entre a década de 1990-2000. Os principais fatores responsáveis para esta mudança de mentalidade estão relacionados com os diversos custos inerentes ao funcionamento e produtividade dos equipamentos, preocupações ambientais e fatores de segurança, garantia e responsabilidade. De forma a cumprir com as exigências estabelecidas, são desenvolvidos *softwares* que ajudam na otimização da gestão de forma a reduzir os recursos exigidos. [8]

Ciente das várias definições e argumentos académicos utilizados para descrever as três primeiras revoluções industriais, acredita-se que hoje está-se apenas no início da quarta revolução industrial. Esta, iniciou-se com a mudança de século, em 2000, e baseia-se na revolução digital. É caracterizada por uma internet mais omnipresente e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornaram mais baratos e inteligentes. Como referido em Erik Brynjolfsson e Andrew Mcfee [9], o mundo está numa mudança de direção devido ao efeito das tecnologias digitais que têm surgido em todos os ramos da inovação.

Na Alemanha, há discussões sobre a “indústria 4.0”, um termo empregado em 2011 na feira de Hannover para descrever como isso irá revolucionar a organização das cadeias globais de valor [10]. Ao permitir “fábricas inteligentes”, a quarta revolução industrial criará um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabrico cooperam de forma global e flexível. Isso permite a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais. No entanto, a quarta revolução industrial não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas, o seu propósito é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica, o que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores, é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos.

Nesta revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas são difundidas muito mais rápida e amplamente do que nas anteriores, as quais continuam ainda a desenvolver-se em algumas partes do mundo. A segunda geração industrial precisa ainda ser plenamente vivida por 17% da população mundial, pois quase 1,3 biliões de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade. Isso também é válido para a terceira revolução industrial, já que mais da metade da população mundial, 4 biliões de pessoas, vivem em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O tear mecânico (uma das marcas da primeira revolução industrial) levou quase 120 anos para se expandir para fora da Europa, em contraste, a internet espalhou-se pelo mundo em menos de uma década. [10]

A lição da primeira revolução industrial ainda é válida nos dias de hoje, pois um dos grandes objetivos do progresso consiste na extensão da inovação tecnológica que é adotada pela sociedade, pelos governos e instituições públicas, bem como pelos setores privados que precisam de fazer a sua parte, mas também é essencial que os cidadãos vejam os benefícios a longo prazo. [10]

## 3. Manutenção

### 3.1 Definição

Pela Norma (NP EN 13306:2007) [11], a manutenção é a “Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.”.

Manutenção, em geral, significa preservar ou manter um equipamento numa condição operacional. No caso de um equipamento falhar, precisa de ser restabelecido para a mesma condição operacional especificada. A manutenção pode assim ser definida como um conjunto de ações, ou tarefas, que estão relacionadas com a preservação de equipamentos numa determinada condição de operação, ou reparar o equipamento com falha para uma condição normal de operação. [8]

As realizações das ações de manutenção requerem o uso de recursos como peças sobresselentes, mão de obra, ferramentas e instalações. A disponibilidade e utilização desses recursos são de extrema importância. O conjunto de tarefas ou ações que constituem as rotinas de manutenção, desde as simples operações de limpeza e lubrificação até realizar o controlo de condição e planear e programar os recursos de manutenção. [8]

As ações de manutenção dividem-se em duas categorias principais, a planeada e a não planeada, no capítulo 3.3 serão abordadas mais detalhadamente. A melhoria da manutenção pode ser alcançada através do uso de dados para eliminar ou facilitar as necessidades de manutenção. [12]

As ações de manutenção têm impacto na fiabilidade dos equipamentos, dado que estes quando são projetados têm requisitos, complexidades diferentes, assim, decisões de manutenção eficientes e inteligentes devem ter em consideração diversos aspetos técnicos, comerciais, sociais e de gestão, exigindo um sistema de manutenção abrangente que integre ciência, engenharia, tecnologia e gestão. [12]

### 3.2 Objetivo e funções

Um dos objetivos de qualquer empresa é obter lucros. O objetivo da manutenção, que está ligado aos objetivos gerais das empresas deve ajudar a maximizar a lucratividade da empresa realizando ações que mantenham o equipamento de trabalho numa condição operacional, ou

numa condição de trabalho aceitável. Realizando tais ações, obviamente prolongariam a vida útil do equipamento. Alternativamente o objetivo deve ser minimizar os custos de mão-de-obra e os custos com o material, bem como a perda de receita devido à perda de produção. Em resumo, os principais objetivos da manutenção seriam:

- Controlar a disponibilidade do equipamento, com custo mínimo de recursos;
- Prolongar a vida útil do equipamento.

A gestão de manutenção moderna pode ser composta pelas funções representadas na Figura 3-1.



Figura 3-1 – Funções da gestão de manutenção [8]

O planeamento de manutenção inclui a formulação e identificação de toda a organização com políticas que ajudariam a alcançar maior produtividade de manutenção, tais como:

- Consertamos o equipamento ou compramos um novo?
- Realizamos ações de manutenção preventiva ou corretiva?
- Empregamos pessoal a tempo inteiro para a reparação ou devemos subcontratar o trabalho?

A responsabilidade pela formulação das políticas de manutenção é da direção de uma empresa. A direção também é responsável por negociar e autorizar o contrato de prestação de serviços. Outra tarefa importante é a criação de um plano de manutenção. Este plano é uma declaração das tarefas de manutenção a serem realizadas num determinado período.

Qualquer ação de manutenção requer recursos, assim, a fim de realizar as ações de manutenção planeadas, o gestor da manutenção precisa organizar os recursos necessários, e todos esses recursos precisam estar disponíveis no sítio certo, quantidade, e na hora marcada. Se os recursos necessários não estiverem disponíveis, a ação de manutenção planeada não pode ser executada. Isso levará à degradação do desempenho do equipamento e também pode resultar na sua falha.

Uma vez que os recursos necessários estejam disponíveis, a ação de manutenção pode ser iniciada. O gestor da manutenção deve garantir que o equipamento seja restaurado à sua condição normal de trabalho o mais rápido possível. Desta forma, não é só o custo do tempo de inatividade que é o mínimo possível, mas também os recursos devem ser utilizados eficazmente.

O gestor da manutenção deve acompanhar o trabalho até a sua conclusão. Caso a tarefa não seja concluída dentro do prazo estimado, então precisaria ser tomada uma ação corretiva para garantir que a perda de receita e produção seja minimizada. Uma vez concluída a atividade, seria essencial uma revisão pelo gestor ou pelo supervisor da manutenção para garantir e autorizar que o trabalho de manutenção foi realizado corretamente. Outras tarefas comuns relacionadas com a gestão de manutenção são o desenvolvimento de relatórios, relacionados com os equipamentos, trabalhos e custos, bem como as ações de recolha e análise de dados relacionados com a manutenção e enviar para a administração. [8]

### 3.3 Tipos de manutenção

No atual contexto económico mundial, marcado por uma feroz globalização e mercados cada vez mais exigentes, as empresas são constantemente desafiadas a melhorar o seu desempenho e eficiência das suas linhas de produção, de modo a fortalecer a sua competitividade e satisfazer os seus clientes. Esta recente necessidade envolve a aplicação de novas tecnologias e técnicas

de automação para inovar e aumentar a sua produtividade. As ferramentas como a *Internet of Things* (IoT), *Big Data* (BD), *Artificial Intelligence* (AI) e *Cyber-Physical Systems* (CPS) desempenham um papel importante neste contexto, introduzindo a automação cognitiva e, conseqüentemente, o conceito de produção inteligente, levando a produtos e serviços mais eficientes. Assim, as empresas conseguem maximizar a vida útil dos seus equipamentos, evitando paragens não planeadas e minimizando custos através da aplicação de uma manutenção preditiva.

A manutenção preditiva tem vindo a tornar-se numa política promissora, fornecendo soluções para aumentar a vida útil dos equipamentos através da previsão, devido a dados recolhidos por vários sensores nos diversos equipamentos.

De acordo com Achouch et al [13], o conceito de manutenção preditiva é a atual tendência, passando da manutenção corretiva para a manutenção preventiva e agora a preditiva, também designada de manutenção inteligente. Ao longo das revoluções industriais, as estratégias de manutenção têm vindo a sofrer uma evolução. De facto, a filosofia da manutenção corretiva é mais comum em empresas com falta de pessoal e incapazes de reter pessoal para a manutenção. As indústrias lutam há anos para abandonar essa política porque se torna dispendiosa e traz paragens inesperadas. A manutenção preventiva é um conjunto de ações destinadas a prevenir falhas e reduzir o risco de falha, bem como o número e duração de paragens não planeadas. [13]

Como já referido, esta quarta revolução industrial trouxe novas políticas de manutenção, não podendo atualmente definir os tipos de manutenção apenas como planeada e não planeada, corretiva ou preventiva, sistemática, condicionada ou corretiva. Não se descartam estes tipos de manutenção, mas sim incorporar a manutenção preditiva, que devido às novas tecnologias permite destacar-se da manutenção preventiva condicionada e ganhar destaque por ser mais eficiente (Figura 3-2). [11] [14] [15]

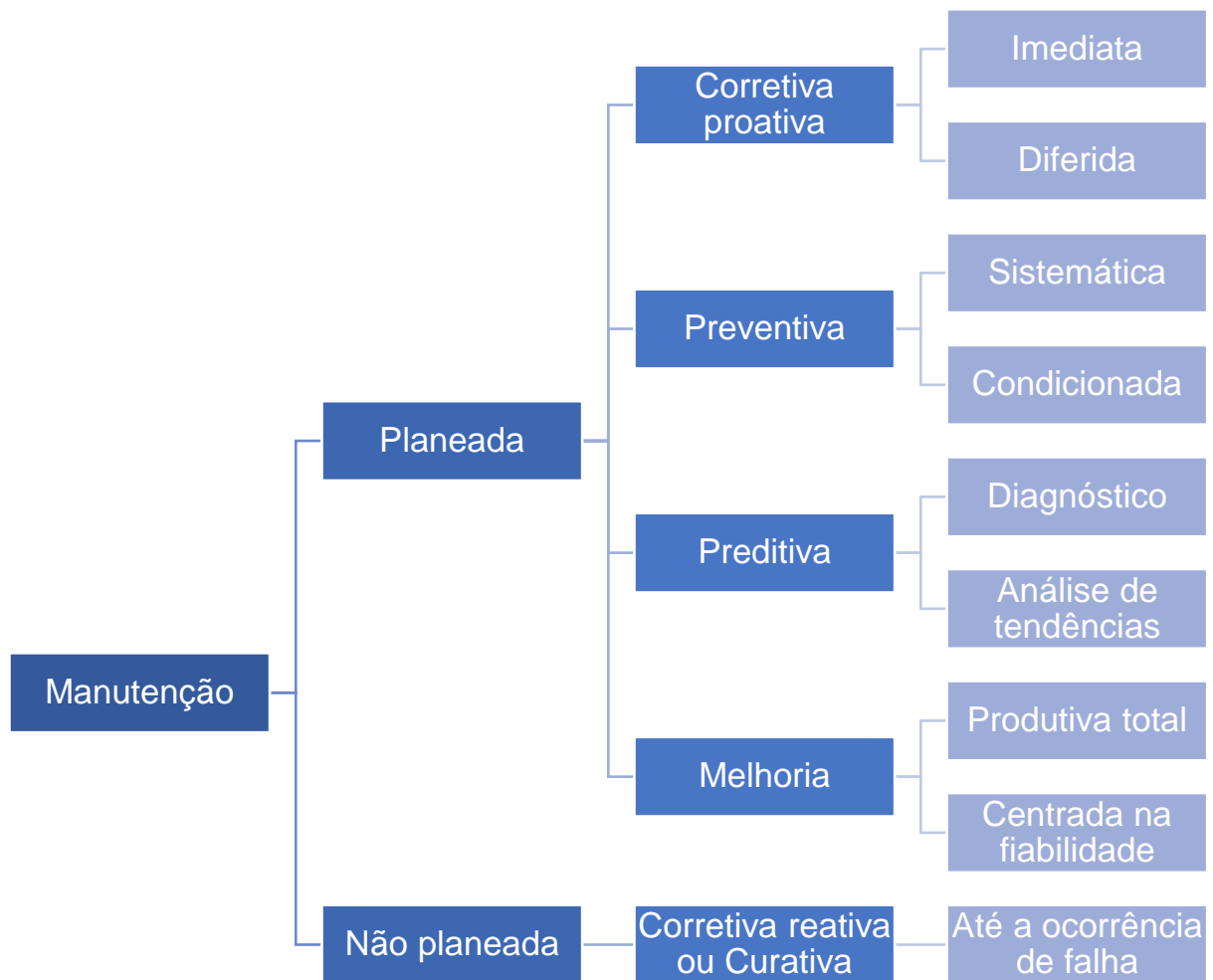


Figura 3-2 – Tipos de manutenção (adaptada de [11] [14], [15])

### 3.3.1 Manutenção planeada

#### 3.3.1.1 Manutenção corretiva proativa

Ben-Daya, Kumar e Murthy [12] são da opinião de que as ações de manutenção corretiva proativa (PCM) são ações destinadas a restaurar um equipamento que falhou, para um estado operacional através da reparação ou substituição apropriada do componente que falhou. Quando um componente reparável falha, existe a opção de repará-lo ou substituí-lo por um novo ou recondicionado. A opção de reparar ou substituir o componente que falhou pode provocar um tempo de paragem curto, se a ação de manutenção for relativamente simples, ou de grandes reparações que exijam mais tempo de inatividade e recursos.

Embora a manutenção corretiva não seja planejada e ocorra sem aviso prévio, o gestor de manutenção deve estar preparado para lidar com estas ocorrências de forma a minimizar os seus efeitos negativos e consequências.

Com base no tempo das ações de PCM, estas podem ser classificadas em duas categorias: (a) imediata ou de emergência e (b) diferida. [12]

#### a) Imediata

A PCM imediata é a manutenção corretiva que precisa ser realizada imediatamente após detecção da falha. É realizada para corrigir falhas de componentes críticos ou falhas com consequências de segurança ou ambientais. A manutenção deve ser iniciada imediatamente para restaurar o componente com falha ao seu estado normal de funcionamento, a fim de evitar danos em vários níveis. [12]

#### b) Diferida

Se a falha não for crítica e não precisar de ação imediata ou puder ser adiada, a ação de manutenção pode ser agendada para um momento mais conveniente, portanto, a PCM diferida é a ação que não é realizada imediatamente após a detecção da falha, mas é agendada de acordo com as regras de manutenção estabelecidas pelo responsável da manutenção. [11] [12]

Muitas vezes são tomadas decisões propositadas para permitir que um componente opere até que falhe. Esta prática é conhecida como “executar até falhar” (conhecida em inglês por *run to failure*). Tal decisão pode ser tomada caso a caso por uma das seguintes razões:

- Não existe uma tarefa de manutenção preventiva que tenha efeito, independentemente do quanto se esteja disposto a gastar;
- O custo da manutenção preventiva é maior que o custo de operar até falhar, e não há consequência de segurança;
- A falha está muito baixa na lista de prioridades e não pode ser tratada dentro do orçamento disponível.

No entanto, Ben-Daya, Kumar e Murthy [12], são da opinião de que se, após a falha, o equipamento ainda for necessário, ele precisará ser reparado dentro de um prazo admissível.

### 3.3.1.2 *Manutenção preventiva*

A manutenção preventiva (PM) é uma atividade proativa que pretende reduzir ao mínimo possível a probabilidade de falha em equipamentos críticos. A intenção é detetar e prevenir antecipadamente potenciais falhas e proceder a alterações para evitar futuras falhas. Esta política de manutenção torna-se interessante para equipamentos onde os riscos de falha possam ser desastrosos. De modo a aplicar uma política preventiva, apresenta-se uma lista de boas práticas [8]:

- Formar adequadamente o pessoal para as suas tarefas/funções;
- Auditar o pessoal de modo a demonstrem desempenho satisfatório para os seus padrões de trabalho;
- Inspeccionar a operação para garantir que todos os procedimentos são devidamente compreendidos e executados;
- Comunicar qualquer falha, cabendo ao responsável decidir quais as ações a tomar;
- Analisar até mesmo os erros mais triviais, para determinar o que não resultou e melhorar.

Esta abordagem pode evitar a ocorrência de falhas graves, nomeadamente em instalações altamente automatizadas, como linhas de produção de automóveis, centrais elétricas etc., onde o custo devido à perda de produção é muito elevado.

As principais funções para o planeamento das atividades são:

- Inspeção das partes críticas do equipamento;
- Manutenção, que inclui lubrificação, ajuste e atividades similares;
- Substituição de peças não conformes.

Os principais objetivos dessa abordagem de manutenção são:

- Aumentar a vida útil de equipamentos críticos, prevenindo falhas;
- Detetar a origem das falhas.

Estes objetivos dão origem às seguintes categorias de manutenção preventiva:

- Manutenção sistemática;
- Manutenção condicionada.

#### a) Manutenção preventiva sistemática

A PM sistemática é a atividade que envolve a inspeção de peças de um equipamento e/ou a substituição daquelas que estão não conformes após um determinado intervalo de tempo pré-estabelecido. Este intervalo de tempo pode ser baseado em dias do calendário, horas de funcionamento, quilómetros, ciclos, etc. [8]

#### b) Manutenção preventiva condicionada

A PM condicionada é projetada para detetar o início de uma falha. É uma opção adequada quando se aplicam as seguintes condições [8]:

- A prevenção da falha não é tecnicamente viável, ou como a falha pode ser corrigida ainda não é conhecida, o que é o caso quando o acontecimento que leva a falha ocorre de forma predominantemente aleatória;
- Um parâmetro, que pode ser medido visualmente ou por outros meios, relacionando com a identificação do início de uma falha. Por exemplo, a solidificação de um lubrificante é um indicador do desgaste de um equipamento;
- Se for possível identificar um valor desse parâmetro, a ação pode ser tomada antes que ocorra uma falha total, definindo limites de aviso para evitar a falha, como por exemplo a perda da película de lubrificação.

Os custos envolvidos no controlo de condições podem variar amplamente. Exemplos simples de manutenção baseada na condição é a inspeção visual das pastilhas de travão de um automóvel, verificação de fugas nos tubos de transporte de combustível, fissuras na estrutura de uma construção, etc. Juntamente com a inspeção, o pessoal da manutenção também pode recolher dados que possam ser usados como entradas para outros métodos de procedimentos de manutenção baseados na condição.

Situações mais complexas requerem sensores e outras ferramentas de alta tecnologia para medir vibrações, termografia, ultrassons, análise de óleo, etc. Uma das vantagens destas ferramentas é que podem ser utilizadas com os equipamentos em funcionamento e são seguras para os operadores, não havendo perdas de produção.

Os tipos de manutenção abordados até agora ajudarão o gestor de manutenção e as administrações das empresas a questionarem-se:

- Devem-se realizar ações preventivas?

ou

- Devem-se reparar o equipamento quando ele falhou?

Bhadury e Shenoy [8], indicam que embora se saiba que prevenir é melhor que remediar, tem-se de ter em mente que a ocorrência de falhas é quase inevitável, por isso é comum na maioria das empresas existir uma mistura de políticas de manutenção.

### 3.3.1.3 *Manutenção preditiva*

Com a manutenção preditiva (PdM) é possível avaliar as condições reais de funcionamento de um equipamento de acordo com os dados obtidos a partir dos sintomas apresentados por este, quando alguma peça começa a desgastar-se, ou quando alguma afinação é necessária. Este tipo de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, em que os fenómenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos, etc., são observados através de instrumentos específicos. Esta análise permite o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planeamento a curto prazo para a manutenção necessária, e posterior correção do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado. [16]

Ao implementar a manutenção preditiva, a empresa vai alcançar os seguintes objetivos:

- Determinar antecipadamente a necessidade de serviço de manutenção numa peça específica de um equipamento, viabilizando ao máximo o seu aproveitamento;
- Analisar sintomas com instrumentos específicos, evitando desmontagens desnecessárias para inspeções;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, acompanhando a evolução do defeito;
- Evitar emergências e transtornos causados por paragens imprevistas, causadas por defeitos que já haviam sido identificados, mas que ficaram sem acompanhamento;
- Impedir que o defeito se agrave e os danos se estendam a outros componentes;
- Reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos e/ou serviços da empresa.

Para a implementação da PdM, são necessárias ferramentas e equipamentos específicos, que de forma apropriada, se possa tirar partido de forma a executar os procedimentos para análises e avaliação de sintomas, tais:

- Vibração excessiva e evolução da vibração;

- Temperatura acima do normal;
- Ruído excessivo;
- Falta de precisão nas peças produzidas.

Com base no conhecimento e análise dos sintomas, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos. A PdM, após a análise dos sintomas, adota dois procedimentos para resolver os problemas detetados:

- Estabelece um diagnóstico;
- Efetua uma análise de tendências.

De acordo com o tipo de equipamento ou máquina e a recolha de dados, é determinada a periodicidade das inspeções, de modo a manter o equipamento em condições normais de funcionamento sem que o defeito possa interferir na qualidade, e principalmente numa operação segura da máquina ou do equipamento. As informações recolhidas são registadas, possibilitando ao responsável pela manutenção tê-las em mãos para o planeamento e a execução das intervenções.

Além de possibilitar a gestão do processo de manutenção, a implementação da PdM apresenta as seguintes vantagens:

- Aproveitamento da vida útil da máquina ou do equipamento;
- Planeamento e controlo da aquisição e do *stock* de peças sobresselentes;
- Diminuição dos custos com reparações, pois estes podem ser executados de forma planeada;
- Aumento da eficiência das máquinas e consequentemente da produtividade da empresa;
- Melhoria das condições de segurança no trabalho;
- Maior credibilidade dos produtos ou serviços oferecidos pela empresa.

A PdM está diretamente ligada com a gestão, pois prevê o momento mais adequado para fazer uma intervenção de manutenção. Portanto, pode-se dizer que a PdM não repara, mas indica o melhor momento para o fazer. [16]

Um *software* de PdM tem de incluir ferramentas e técnicas de controlo de condição e diagnóstico, de forma a que seja possível explorar toda a capacidade deste tipo de manutenção.

As principais técnicas de manutenção PdM são:

- Análise de vibrações

- É uma técnica fundamental para gerir e avaliar tendências criadas nos componentes mecânicos rotativos ou com movimento.
- Termografia
  - Esta técnica permite analisar anomalias térmicas em diversos equipamentos e sistemas.
- Tribologia
  - É uma ciência vocacionada para o estudo da lubrificação, atrito e desgaste de componentes mecânicos. Tem como principais técnicas a análise de óleos e a análise de partículas provenientes de desgaste.
- Parâmetros do processo
  - Mais vocacionada para a eficiência operacional de um equipamento e não tanto para a manutenção. É uma técnica também fundamental pois permite otimizar a produção e rentabilidade de uma empresa.
- Inspeção visual
  - As rotinas de inspeção visual são das técnicas de manutenção mais antigas e ainda indispensáveis, pois desta forma é possível identificar falhas ou problemas na manutenção que possam vir a afetar a qualidade de produção.
- Ultrassons
  - Técnica semelhante à análise de vibrações, mas esta utiliza faixas de frequências mais altas que a análise de vibrações. Permite assim detetar fissuras em sistemas pressurizados ou em vácuo, entre outras aplicações.
- Medições elétricas
  - Devem ser utilizadas em conjunto com outras técnicas anteriormente referidas de modo a acompanhar a evolução de uma falha, por exemplo em motores elétricos. As medições mais usuais são à resistência de isolamento utilizando ohmímetros, ou quando estamos perante média e alta tensão utilizam-se mega ohmímetros, medições de impedância entre outras medições não destrutivas.

Existem outras técnicas não destrutivas que podem ser utilizadas pelas empresas, porém apenas devem ser utilizadas as mais convenientes para que a PdM não se torne demasiado dispendiosa para as empresas. [15]

Atualmente existem ferramentas que permitem aos *softwares* de PdM avaliar de forma bastante eficaz o momento exato para a realização das manutenções. Essas ferramentas são:

- *Cyber-Physical System (CPS)*
  - São sensores e dispositivos que estão conectados de forma inteligente para acompanhar, controlar, detetar e diagnosticar de forma autónoma os mais diversos sistemas.
- *Internet of Things (IoT)*
  - Principal impulsionador da Indústria 4.0. É uma rede que conecta os CPS e comunica com os diversos dispositivos físicos sem intervenção humana.
- *Big Data (BD)*
  - Recolhe e armazena a informação da interação e comunicação proveniente de outras ferramentas, permitindo posteriormente uma análise desses dados.
- *Digital Twin (DT)*
  - Consiste numa cópia virtual de produtos físicos. Permitindo assim a comunicação do mundo real com o virtual, armazenando dados, sendo possível posteriormente realizar simulações numa cópia virtual.
- *Augmented Reality (AR)*
  - Tecnologia desenvolvida através da Realidade Virtual permitindo criar informações tridimensionais com o objetivo de aperfeiçoar o espaço real ou numa fase de projeto idealizar este da melhor forma na perspetiva de segurança e produção.
- *Artificial Intelligence (AI)*
  - A Inteligência Artificial permite através de algoritmos complexos lidar com dados multidimensionais e variados armazenados na BD, de forma a analisar e dar resposta a questões chave dos processos.
- *Machine Learning (ML) e Deep Learning (DL)*
  - A ML é um subcampo da AI que permite reconhecer padrões e analisar dados de forma a criar modelos que os utilizadores possam entender e utilizar. A DL pode ser aplicada a equipamentos em diferentes situações, como na deteção e previsão de falhas, entre outras.

Com a associação das técnicas e das ferramentas descritas é possível obter uma PdM inteligente e eficaz à medida das necessidades de cada empresa. [13]

### 3.3.1.4 *Manutenção de Melhoria*

Dentro da Manutenção de Melhoria (IM) existem outras estratégias ou políticas de manutenção, como a Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM), que foram desenvolvidas e apresentadas como uma manutenção ineficaz. Muitas pequenas empresas adotaram parcialmente uma destas políticas de solução rápida na tentativa de remediar algumas deficiências. [15]

#### a) Manutenção Produtiva Total

O conceito foi desenvolvido por Deming no final da década de 1950, tendo os Japoneses adotado os seus conceitos.

A TPM não é um *software* de gestão de manutenção. A maioria das atividades associadas a esta abordagem de gestão japonesa é direcionada para a produção e garantir que a manutenção manterá a produção.

No centro da TPM está um equilíbrio entre a produção, pessoas, manutenção, engenharia e serviços técnicos para obter a melhor eficiência de um equipamento. É um plano de zero avarias e zero defeitos que visam melhorar ou eliminar os seguintes seis problemas de raiz de uma fábrica:

- Avarias de equipamentos;
- Ajustar e gerir as marchas lentas;
- Paragens de curto prazo;
- Capacidade reduzida;
- Perdas relacionadas com a qualidade;
- Perdas de inicialização/reinicialização.

Para o equilíbrio mencionado anteriormente funcionar, o modelo japonês de TPM apoia-se em cinco pilares.

1. Melhorar a eficácia do equipamento;
2. Envolver os operadores na manutenção diária;
3. Melhorar a eficiência e eficácia da manutenção;
4. Formação e treino do pessoal;
5. Projetar e gerir equipamentos para prevenção de manutenção;

A eficácia geral de um equipamento (OEE), é dada pela equação (1), é a referência usada na TPM. Para medir esta eficácia deve-se ir além de apenas a disponibilidade ou tempo de

atividade de uma máquina, deve-se olhar também para a taxa de desempenho e para a taxa de qualidade. [15]

$$OEE = Disponibilidade \times Taxa \text{ de desempenho} \times Taxa \text{ de qualidade} \quad (1)$$

A disponibilidade é dada pela equação (2) e é definida como o tempo de produção de um equipamento, isto é, não se contabiliza o tempo de inatividade planeado, como pausas programadas. [15]

O tempo de inatividade é o tempo total em que o equipamento fica inativo para reparações ou outros tipos de paragem.

$$Disponibilidade = \frac{Disponibilidade \text{ exigida} - Tempo \text{ de inatividade}}{Disponibilidade \text{ exigida}} \times 100 \quad (2)$$

A taxa de desempenho é dada pela equação (3) e é uma unidade de produção, tais como peças por hora. A saída é o número de peças num determinado período de tempo e o tempo de operação é o valor de disponibilidade obtido pela equação (2).

$$Taxa \text{ de desempenho} = \frac{Tempo \text{ do ciclo do projeto} \times Saída}{Tempo \text{ de operação}} \times 100 \quad (3)$$

A taxa de qualidade é dada pela equação (4). A entrada de produção é a unidade de produto que está a ser inserida no processo ou ciclo produção. Os defeitos de qualidade são a quantidade de produto que está abaixo dos padrões de qualidade após o fim do processo ou do ciclo de produção.

A medida da taxa de qualidade é útil para detetar problemas de qualidade de produção, mesmo quando o cliente aceita o produto de baixa qualidade.

$$Taxa \text{ de qualidade} = \frac{Entrada \text{ de produção} - Defeitos \text{ de qualidade}}{Entrada \text{ de produção}} \times 100 \quad (4)$$

Para poder concorrer ao prémio nacional de TPM no Japão, a eficácia do equipamento deve ser superior a 85%. A eficácia da maioria dos equipamentos nos EUA não chega a 50%. Não sendo de estranhar que haja tanta margem para melhoria em *softwares* típicos de gestão de manutenção de equipamentos. [15]

#### b) Manutenção Centrada na Fiabilidade

Uma premissa básica da RCM é que todas as máquinas irão falhar e ter uma vida útil finita, mas nenhuma dessas suposições será válida se as máquinas, equipamento e sistemas estiverem devidamente projetados, instalados, operados e mantidos, desta forma não falharão e a sua vida útil poderá ser quase infinita.

Se existirem falhas catastróficas, estas serão aleatórias devido a alguma influência externa, tais como reparação imprópria, com a exceção de falhas instantâneas causadas por erro do operador ou uma falha externa totalmente anormal.

Quando a RCM foi desenvolvida pela primeira vez na década de 1960, a maioria dos engenheiros de produção acreditava que as máquinas tinham uma vida finita e exigiam grandes reconstruções periódicas para manter os níveis de fiabilidade aceitáveis.

Moubray [17] aponta dois exemplos de sucesso com a aplicação da RCM na indústria aeronáutica, o *Douglas DC-10* e o *Boeing 747*. Quando escreveu o seu livro, ambos os aviões eram considerados excepcionalmente fiáveis, no entanto, a história mudou esta perspetiva. O *DC-10* tem o pior registo de acidentes em comparação com qualquer outro avião civil, provando assim não ser fiável, assim como o *Boeing 747* que sofreu vários acidentes causados diretamente por problemas de fiabilidade.

As inovações tecnológicas que surgiram nos anos 80, tais como as análises de vibrações baseadas em microprocessadores, vieram a reduzir a necessidade das premissas originais da RCM. As suas capacidades de identificação precoce de pequenos desvios das condições ótimas de operação permitem prevenir a deterioração e, com ações corretivas rápidas, evitar falhas críticas nos equipamentos de produção. [15]

### 3.3.2 Manutenção não planeada

#### 3.3.2.1 *Manutenção corretiva reativa ou curativa*

A lógica de gestão da manutenção corretiva reativa (RaCM) é simples, quando avariar uma máquina ou componente, repara-se. Uma empresa ao usar esta política não gasta dinheiro em manutenção até que uma máquina ou sistema deixe de funcionar. É ao mesmo tempo também o método mais caro de gestão de manutenção. Poucas empresas usam esta filosofia de gestão de funcionamento até a ocorrência da falha.

A RaCM é uma técnica de gestão reativa, pois espera pela falha de uma máquina ou equipamento antes de realizar qualquer ação de manutenção, no entanto, é na verdade uma ação de “não-manutenção”.

Em quase todos os casos, as empresas executam tarefas preventivas básicas (lubrificação, ajustes e afinações), mesmo num ambiente de funcionamento até a falha.

Neste tipo de gestão, as máquinas e outros equipamentos da empresa não são reconstruídos, nem são feitas grandes reparações até que o equipamento deixe de funcionar. As despesas associadas a este tipo de gestão de manutenção são elevadas devido ao custo das peças sobresselentes, altos custos de mão de obra, alto tempo de inatividade de uma máquina e baixa disponibilidade de produção. Como não há práticas de manutenção, as empresas devem ter um *stock* extenso de peças sobresselentes, máquinas, ou peças críticas de todas as máquinas existentes. Em alternativa, pode-se confiar a fornecedores de equipamentos que possam fazer entregas imediatas de todas as peças de reposição necessárias. Mesmo que a última opção seja possível, os custos para entrega de urgência sobem substancialmente.

Para minimizar o impacto na produção causado por falhas inesperadas de uma máquina, o pessoal da manutenção também deve ser capaz de reagir imediatamente a todas as falhas da máquina.

A análise dos custos de manutenção indica que uma reparação executada no modo reativo ou executada após a falha será em média cerca de três vezes superior à mesma reparação realizada de modo programado ou preventivo. O agendamento da reparação minimiza o tempo da mesma e os custos de mão de obra associados. [15]

## 3.4 Gestão de manutenção computadorizada

### 3.4.1 Perspetiva histórica

As versões atuais de Sistemas de Gestão de Manutenção Computadorizada (CMMS) são principalmente usadas para conduzir ações de PM sistemáticas bem como gerir dados relacionados com ativos.

A revolução dos CMMS começaram no final dos anos 80 e início dos anos 90, onde a maioria das empresas começaram a transitar do lápis e papel para o uso dos computadores. Na década de 90, começou a evoluir a utilização e programação do “Access”, onde as informações armazenadas em bases de dados facilitava aos utilizadores pesquisar, analisar, gravar e relatar.

Entre 2000 e 2010, com o aparecimento de *internet* mais rápida, redes e novos materiais de construção, permitiram também aos computadores evoluírem, tornou assim possível associar os sistemas digitais com analógicos, podendo acompanhar a produção e o processo de fabrico. Desde 2010, devido às últimas tecnologias desenvolvidas, como os sistemas *android* e aplicações para *smartphones*, permitiram assim o controlo remoto através da IoT, BD e ML que elevam os *softwares* de manutenção para outro nível, tornando assim possível aplicar políticas de PdM.

As mais recentes tecnologias digitais são amplamente utilizadas na indústria de produção, mas ao adaptar o conceito da Indústria 4.0, mudará o conceito de produção e isso levará a uma maior eficiência e modificará as relações tradicionais entre fornecedores, fabricantes e clientes, bem como entre humanos e máquinas, e ainda as decisões utilizando o conceito de AI. [18]

#### 3.4.2 Indústria marítima

Em conformidade com o Código Internacional de Gestão de Segurança (ISM)<sup>1</sup>, os armadores ou as empresas que geram os navios devem garantir que toda a unidade e seus respetivos equipamentos sejam mantidos e operados de acordo com as regras, regulamentos, requisitos e padrões por si definidos.

Quando se fala em toda a unidade e os seus respetivos equipamentos, aplica-se tanto à manutenção do casco, como dos equipamentos do convés, ou dos espaços da casa da máquina, ou ainda equipamentos salva-vidas e de combate a incêndio.

As empresas são livres de escolher o sistema que melhor lhes aprouver, podendo ser totalmente computadorizado, totalmente baseado em papel ou uma combinação dos dois.

Para um sistema de gestão de manutenção funcionar eficazmente, costumam ser realizadas auditorias por parte de Sociedades Classificadoras, tanto aos navios como às empresas em terra, onde irão verificar os seguintes pontos [19]:

- As manutenções dos equipamentos devem estar de acordo com as recomendações e especificações dos fabricantes;
- A existência de um histórico de manutenção dos equipamentos, incluindo falhas, defeitos e danos e as ações tomadas para os corrigir;
- Os resultados derivados de inspeções realizados por outras entidades;

---

<sup>1</sup> <https://www.imo.org/en/ourwork/humanelement/pages/ISMCode.aspx>

- A idade do navio;
- Os sistemas ou equipamentos críticos identificados;
- As consequências das falhas dos equipamentos na operação segura do navio.

Um bom sistema de gestão de manutenção deve ser capaz de cumprir os seguintes aspetos:

- Elementos essenciais:
  - Datas das auditorias da classificadora e os documentos tratados;
  - Abranger todos os equipamentos;
  - Rotinas ou planeamento de manutenções;
  - Controlo das horas de funcionamento dos equipamentos;
  - Detalhes dos trabalhos realizados, datas e referências;
  - Procedimento de controlo de condições;
  - Detalhes das manutenções não programadas;
  - Manutenção corretiva e preventiva;
  - Detalhes de atrasos (razões pela qual não podem ser feitas, se por falta de tempo ou falta de sobresselentes);
  - Histórico de componentes (avarias e defeitos incluídos);
  - Instruções de serviço ou de fabricantes;
  - Instruções de uso abrangente disponíveis e claras;
  - Instruções sobre reposição de peças sobresselentes;
  - Relatórios regulares para o escritório.
- Listas de falhas:
  - Que tipo de problemas o navio está a ter?
  - O escritório está a ser notificado?
  - As reparações são autorizadas de imediato?
  - As respostas do escritório são guardadas?
- Relatório detalhado das ações tomadas:
  - Relatórios de manutenção e inspeção dos equipamentos;
  - Descrição completa do que foi feito (onde, quando, quem, material utilizado, etc.);

- Inventário:
  - Existem sobressalentes suficientes a bordo? (ver lista mínima de sobressalentes críticos da Classe)
  - Qual é o grau de precisão do inventário?
  - São registados no *software* de gestão quando utilizados?
  - São repostos em tempo útil?
  
- Controlar requisições pendentes:
  - Quais são os requisitos pendentes?
  - Quais são as razões para existirem pendentes?
  - Essas razões são aceitáveis?
  - Existem tendências identificáveis?
  - Quantos itens foram reprogramados / qual é o sistema existente para autorizar a reprogramação de tarefas?

É importante também o facto de o *software* permitir armazenar todo o histórico da documentação proveniente de entidades externas e internas. [19]

### 3.4.3 *Softwares* mais utilizados na indústria marítima

Hoje em dia, qualquer empresa, independentemente do ramo ou da dimensão do negócio, utiliza um *software* de gestão, seja ao nível da faturação, recursos humanos, inventários, etc.

A função principal destes *softwares* é tornar as empresas mais eficazes, permitindo acessos rápidos a toda a informação registada ou criar de forma simples novos formulários.

Contudo, não existe apenas um *software* de gestão no mercado, na realidade é preciso entender as necessidades operacionais e a realidade financeira de cada empresa e optar pelo mais adequado.

No ramo marítimo, para ajudar nas rotinas de manutenção, e não só, também na operação do navio e gestão da empresa, são utilizados como exemplo alguns dos seguintes *softwares*:

a) *Helm CONNECT*

Sediada no Canadá, desde 1999, a *Helm Connect* tem como objetivo de utilizar as novas tecnologias para a indústria marítima, inovando lado a lado com os operadores de embarcações, de todas as dimensões, para melhorar a segurança, impulsionar o desempenho e criar mudanças na indústria.

Pretende criar valores duradouros, tais como a confiança ou a disponibilidade, para os clientes, comunidades e funcionários, fornecendo um *software* de missão crítica que capacita as empresas e equipas que movimentam mais de 90% da carga mundial. [20]

Este *software* será o utilizado para cumprir os objetivos desta dissertação, assim, no capítulo 4.2 é descrito com mais detalhe.

b) AMOS<sup>TM</sup> (SpecTec)

Com mais de 30 anos de experiência, o AMOS<sup>TM</sup> *software* tem a capacidade de fazer parceria com todas as áreas de operações das empresas, devido ao foco em atender a indústria marítima com um amplo portfólio de produtos.

O produto principal, AMOS<sup>TM</sup>, estabeleceu-se como líder de mercado em *software* de gestão de ativos. Muitos funcionários da SpecTec estão no ramo marítimo há décadas.

Sejam grandes ou pequenas empresas, a SpecTec possui as ferramentas de *software* para gerir os processos específicos e fundamentais necessários para atender os setores marítimo, defesa, petróleo e gás. A SpecTec é uma empresa global que compreende 13 escritórios próprios em 11 países. Com mais de 12 000 licenças AMOS vendidas a mais de 1 200 empresas, a SpecTec é reconhecida como fornecedora líder de *software* marítimo. [21]

## c) Sertica (RINA)

O SERTICA é outra solução completa para gestão de navios, fornecendo ferramentas digitais para manutenção, compras, HSQE<sup>1</sup>, tripulação, desempenho, relatórios de navios e diários de bordo eletrônicos.

O *software* é desenvolvido em estreita cooperação com as principais empresas de transporte marítimo por todo o mundo e a bordo de mais de 2 000 navios. O SERTICA permite aos

---

<sup>1</sup> <https://www.sertica.com/blog/what-is-the-difference-between-hse-hsqe-hseq-and-hsse/#gref>

armadores otimizarem o desempenho, aumentarem a transparência, simplificarem as operações e economizarem custos.

A primeira linha de código do SERTICA foi desenvolvida entre 1989 e 1991, foi apresentado com o nome “Logihold”.

O *software* foi desenvolvido para oferecer aos armadores uma forma de planejar a sua manutenção de forma sistemática e gerir a sua frota de forma eficaz para obter poupanças de custos. Em 2011 o nome mudou para SERTICA, e esta nova versão concentra-se principalmente em melhorar a eficiência e usabilidade.

Desde setembro de 2021, o SERTICA passou a fazer parte do portfólio de soluções digitais da RINA, uma companhia global que atua nos setores marítimo, energia e mobilidade, certificação, infraestruturas e indústria. [22]

#### d) SAP

Fundada em 1972 na Alemanha, a empresa começou por se chamar Desenvolvimento de Programas de Análise de Sistemas (*Systemanalyse Programmentwicklung*), nome que foi mais tarde abreviado para SAP.

Com a introdução do seu *software* original SAP R/2 e SAP R/3, a SAP estabeleceu o padrão global para *software* de planeamento de recursos empresariais (ERP). Atualmente, o SAP S/4HANA eleva o planeamento de recursos empresariais a outro nível, utilizando o poder do *Big Data* para processar vastas quantidades de dados e para apoiar tecnologias avançadas, como a Inteligência Artificial e o *Machine Learning*.

As aplicações integradas da empresa, interligam todas as partes de uma empresa num conjunto de aplicações inteligentes executadas sobre uma plataforma totalmente digital, substituindo assim a plataforma anterior. Atualmente, a SAP tem mais de 230 milhões de utilizadores *Cloud* (nuvem), mais de 100 soluções que abrangem todas as funções empresariais e o maior portfólio *Cloud* entre todos os fornecedores. [23]

#### e) Ocenatiger

A empresa *Ocenatiger* foi fundada na Noruega no ano 2000 e fornece principalmente a indústria marítima.

Por ser uma pequena empresa consegue uma relação muito próxima com os seus clientes, ajudando-os a alcançar os seus objetivos.

O *Oceantiger Software* oferece um ambiente de trabalho fácil de aprender e fácil de usar. Os produtos incluem um sistema de manutenção (MMaster), um sistema de relatórios (RepFormSys) e um sistema de gestão de documentos (DocSys). O MMaster ajuda a controlar componentes e trabalhos que foram concluídos ou que precisam ser resolvidos num futuro próximo. Elabora relatórios sobre peças de reposição, certificados, entre outras funções.

O RepFormSys pode ser utilizado a bordo dos navios para arquivar relatórios. Os relatórios podem ser enviados por meio da funcionalidade de envio integrada para a gestão em terra. Os relatórios disponíveis incluem lista da tripulação, ordem de compra, certificados e outros relatórios de convés e máquinas.

O DocSys permite uma vista geral de todos os documentos da embarcação de forma clara e fácil. Permite adicionar vários tipos de ficheiros, incluindo documentos digitalizados, documentos *Excel*, *Word* e até arquivos de vídeo. [24]

#### f) BASSnet<sup>TM</sup>

Fundada em 1997 na Noruega, o BASS fornecedor de soluções marítimas de planeamento de recursos empresariais para proprietários e gestores de navios, operadores de plataformas, unidades flutuantes de produção, armazenamento e trasfega (FPSO), bem como unidades *offshore*.

Este *software* de gestão de frota é baseado em funcionalidades ricas e configuráveis, permitindo com facilidade soluções completas para as operações marítimas. [25]

O BASSnet Suite é um sistema completo de ponta a ponta para simplificar os processos marítimos. Gere relatórios para obter informações baseadas em dados e visibilidade sobre as operações da frota. A Suite é uma ferramenta poderosa equipada com módulos, aplicações e complementos móveis abrangentes, proporcionando uma experiência completa e perfeita, cobrindo as principais áreas da indústria marítima (técnica, operações, finanças, qualidade e segurança, meio ambiente, gestão de frota, entre outras). [26]

#### 3.4.4 Estrutura SFI

De modo a ajudar na organização e simplicidade dos *softwares* de gestão de manutenção é frequente encontrarmos uma estrutura SFI (SFI: *Skipsteknisk Forskningsinstitut*) [27]. Esta estrutura é um sistema de codificação internacional, tipo um índice, que fornece um plano comum para operações técnicas, aquisições, inventários, manutenção, qualidade, entre outras.

Para garantir a organização e padronização das rotinas de manutenção criadas para o rebocador Med Antares, utilizaram-se os códigos da estrutura SFI para cada rotina e equipamento.

Este sistema integra todas as funções de gestão das embarcações, abrangendo todas as especificações dos navios ou plataformas.

Originalmente desenvolvido pela *Ship Research Institute of Norway* em 1972, e posteriormente adquirido pela SpecTec, desenvolvedora do *software* AMOS. Desde a sua criação já foram instalados mais de 6 000 códigos SFI mundialmente. [27] [28]

Este código é tão abrangente que não é unicamente utilizado em navios, mas também em estaleiros navais, fornecedores de *software*, autoridades e sociedades classificadoras. Nos estaleiros navais, este código permite controlar todo o processo de construção, desde o desenvolvimento inicial, até aos testes e entrega do navio.

Utilizar um código normalizado, ao invés de desenvolver um sistema “caseiro”, permite poupar tempo, recursos e melhorar a comunicação com entidades terceiras. [27] [28]

O código SFI pode ser interpretado como um índice, tem 8 grupos principais, e dentro de cada um deles terá subgrupos.

- Grupo Principal 1 – *Ship general*

Detalhes e custos que não podem ser alocados a nenhuma função específica a bordo, por exemplo, arranjo geral, seguros, lançamento, docagem e trabalhos de garantia.

- Grupo Principal 2 - *Hull*

Casco, superestrutura e proteção material da embarcação.

- Grupo Principal 3 – *Equipment for cargo*

Equipamentos e máquinas de carga, incluindo sistemas para a carga dos navios, sistemas de carga/descarga, guinchos de carga e escotilhas.

- Grupo Principal 4 – *Ship equipment*

Equipamentos e máquinas específicas do navio. Equipamentos de navegação, de manobra, de ancoragem e de comunicação. Este grupo também inclui equipamentos especiais, como equipamentos de pesca.

- Grupo Principal 5 – *Equipment for crew and passengers*

Equipamentos, máquinas, sistemas, etc., que servem a tripulação e passageiros, por exemplo, equipamentos salva-vidas, mobiliário, equipamento de restauração e sistemas sanitários.

- Grupo Principal 6 – *Machinery main components*

Componentes primários na casa de máquinas, por exemplo, motores principais e auxiliares, hélices, caldeiras e geradores.

- Grupo Principal 7 – *Systems for machinery main components*

Sistemas que atendem aos principais componentes de máquinas, por exemplo, sistemas de combustível e óleo lubrificante, sistema de ar comprimido, sistemas de ventilação/extração de ar e sistemas de automação.

- Grupo Principal 8 – *Ship common systems*

Sistemas como por exemplo, sistemas de lastro e esgoto, sistemas de combate a incêndio, sistemas de distribuição elétrica, etc.

Os grupos principais 1 a 8 como descrito anteriormente não podem ser alterados. Os utilizadores podem utilizar subgrupos de 0 a 9 para classificar outros componentes principais que não são cobertos pelo código SFI. O código SFI é construído como um sistema de classificação decimal de 3 dígitos, podendo este crescer se for necessário. [27]

O código SFI base é muito extenso, assim a título de exemplo, na Tabela 3-1, é apresentado apenas o grupo 6 e seus subgrupos, de modo a esclarecer a germinação do código de um componente.

Tabela 3-1 - Grupo 6 e subgrupos do código SFI

1º	2º	3º	EQUIPAMENTOS
6			<i>Machinery main components</i>
6	0		<i>Diesel engines for propulsion</i>
6	0	1	<i>Port side main engine (BB)</i>
6	0	2	<i>Starboard side main engine (EB)</i>
6	1		<i>Steam machinery for propulsion</i>
6	2		<i>Other types of propulsion machinery</i>
6	3		<i>Propellers, transmissions, foils</i>
6	4		<i>Boilers, steam &amp; gas generators</i>
6	5		<i>Motor aggregates for main electric power production</i>
6	6		<i>Other aggr. &amp; gen. for main &amp; emergency el. Power production</i>
6	7		<i>Nuclear reactor plants</i>

Pelo exposto na Tabela 3-1 os códigos de 3 dígitos para as máquinas do rebocador são 601 e 602, para a máquina de bombordo (BB) e estibordo (EB), respetivamente. O código 602 foi adicionado para representar a máquina de EB, utilizando a flexibilidade do código SFI para expandir o subgrupo 601 originalmente definido para a máquina de BB. Essa flexibilidade é uma das características que torna o código SFI amplamente aplicável em diversas embarcações com configurações específicas.

Assim, pelo exemplo da Tabela 3-1, o primeiro dígito, 6, engloba todas as componentes principais de máquinas para a propulsão. O segundo dígito especifica o tipo de equipamento principal, enquanto o terceiro organiza os sistemas múltiplos presentes, assegurando uma codificação única para cada elemento. O terceiro dígito organiza os diferentes sistemas existentes para cada categoria, assegurando uma identificação única.

Adicionalmente, o código prevê extensões detalhadas para além dos três dígitos para cada equipamento, incluindo componentes gerais como tubagens, filtros ou sensores. Esta estrutura torna o código SFI extremamente completo e abrangente. [27]



## 4. Implementação do plano de manutenção

### 4.1 Rebocador

O plano de manutenção apresentado no presente trabalho, teve como base os sistemas de operação dos rebocadores da Medtug Sines no Porto de Sines, nomeadamente do rebocador Med Antares.

Pelo regulamento geral das capitánias (Decreto-Lei n.º 265/72, de 31 de julho) o artigo 23º define “rebocador” da seguinte forma:

*“1. Rebocadores são embarcações de propulsão mecânica destinadas a conduzir outras por meio de cabos ou outros meios não permanentes.*

*2. Os rebocadores especialmente preparados para o salvamento de navios em perigo ou das suas tripulações e passageiros são designados por rebocadores salvadegos ou de salvação.”*

Neste caso concreto, os rebocadores em causa, executam maioritariamente as manobras no Terminal de Contentores de Sines.

O Porto de Sines, é um porto aberto para o mar de águas profundas, líder nacional na quantidade de mercadorias movimentadas com condições naturais ímpares na costa portuguesa, para acolher todos os tipos de navios. Dotado de modernos terminais especializados, pode movimentar diferentes tipos de mercadorias e conta com excelentes acessibilidades marítimas. [29]

O Terminal de Contentores de Sines, denominado Terminal XXI, oferece fundos naturais até 17 metros zero hidrográfico (ZH), permitindo a acomodação de grandes navios porta-contentores que realizam rotas intercontinentais. Atualmente com um comprimento de cais de 1150 + 200 metros, dotado de 10 pórticos e 2 guas móveis, o terminal oferece uma área de armazenamento com 42 hectares e uma capacidade de movimentação anual de 2.3 milhões de TEU<sup>1</sup>. [30]

Os rebocadores no Porto de Sines têm outras funções para além das manobras dos navios, fazem também parte da segurança do porto no que diz respeito a possíveis acidentes marítimos, sendo por isso dotados de equipamentos específicos prontos a atuar se necessário. Isto faz com que seja necessária uma disponibilidade dos rebocadores de 24h ao longo de todo o ano, o que dificulta por vezes o planeamento de manutenções de carácter urgente. De forma a resolver a

---

<sup>1</sup> TEU – *Twenty-foot Equivalent Unit* (Contentor marítimo de Unidade Equivalente a Vinte pés)

este constrangimento, é necessário garantir uma unidade extra com características semelhantes para substituir a unidade em manutenção ou parada por outros motivos. Claro que esta solução acarreta custos adicionais elevados para as empresas de rebocadores.

De todos os equipamentos existentes a bordo de um rebocador, há determinados equipamentos que são considerados críticos, por se revelarem fundamentais para a atividade e segurança da unidade e dos seus tripulantes.

O rebocador em causa, o Med Antares (Figura 4-1), é um projeto baseado no serie RAstar 2800<sup>1</sup> dos arquitetos navais da Robert Allan Ltd<sup>2</sup>, empresa sediada no Canadá [31]. A construção do rebocador começou a 30 de novembro 2017 com o assentamento da quilha e entrou ao serviço a 2 de janeiro de 2019, tendo a sua construção ficado sobre a responsabilidade dos estaleiros navais da Sanmar na Turquia. [31] [32]



*Figura 4-1 – Rebocador Med Antares*

---

<sup>1</sup> <https://ral.ca/series/rastar/>

<sup>2</sup> <https://ral.ca/>

## 4.1.1 Dimensões e características

O Med Antares é um rebocador moderno, com dois propulsores azimutais à popa (ASD), proporcionando uma tração de 75 Ton (Tabela 4-1). As suas dimensões e características tornam este rebocador bastante ágil e versátil para operação em terminais portuários (Tabela 4-1). [31]

O conforto da tripulação também foi tido em conta no projeto de construção do Med Antares, onde a necessidade de um ambiente de trabalho seguro é, com cuidado especial na montagem de todos os motores e equipamentos essenciais, bem como os isolamentos sonoros para melhor conforto da tripulação.

O rebocador está equipado com um nível elevado de qualidade, conforto e segurança, atendendo aos requisitos das autoridades de bandeira europeias, como a Noruega, Alemanha, Itália e Reino Unido. [33]

A capacidade dos tanques (Tabela 4-1) existentes a bordo permitem uma boa autonomia para a operação, minimizando o número de paragens para abastecimentos. Em operação portuária com apenas três tripulantes a bordo, a capacidade de água doce pode durar até três ou quatro semanas. [31]

É possível alojar 8 pessoas a bordo, existindo para isso 5 camarotes, 3 duplos e 2 individuais, todos eles com casa de banho privativa. Existem também outros espaços como a cozinha, lavandaria e um salão de jantar e de estar com televisão. [31] [33]

Tabela 4-1 – Características do Rebocador

<b>Desempenho</b>	Velocidade máxima	13 nós
	Velocidade cruzeiro	10 nós
	Força de tração	75 Ton
<b>Dimensões</b>	Comprimento fora a fora	28,2 m
	Comprimento entre perpendiculares	26,17 m
	Boca	12,6 m
	Calado	5,3 m
	Arqueação bruta	461 adim
	Arqueação líquida	138 adim
	<b>Capacidades</b>	Acomodações
Água doce		13,5 m <sup>3</sup>
Combustível		111,6 m <sup>3</sup>
Águas de lastro <sup>1</sup>		35,9 m <sup>3</sup>
Espumífero <sup>2</sup>		22,8 m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Águas de lastro - São águas armazenadas em tanques específicos para auxiliar no equilíbrio e estabilidade da embarcação.

<sup>2</sup> Espumífero - É um agente químico armazenado num tanque para ser utilizado em sistemas de combate a incêndio.

#### 4.1.2 Equipamentos na casa da máquina

Todos os equipamentos e motores disponíveis na casa da máquina do rebocador estão dispostos de modo a terem o melhor acesso possível para inspeções e manutenção (Figura 4-2). Alguns desses equipamentos existem em duplicado de modo a garantir a segurança e a disponibilidade de operação do rebocador, no caso de um falhar, automaticamente entra outro ao serviço, como é o caso dos geradores a diesel (Figura 4-2 d)). No caso das máquinas principais propulsoras (MPP) (Figura 4-2 a)), das embraiagens (Figura 4-2 b)) e dos propulsores (Figura 4-2 c)), apesar de estes equipamentos existirem em duplicado, têm de funcionar ao mesmo tempo para o rebocador poder manobrar a 100%.

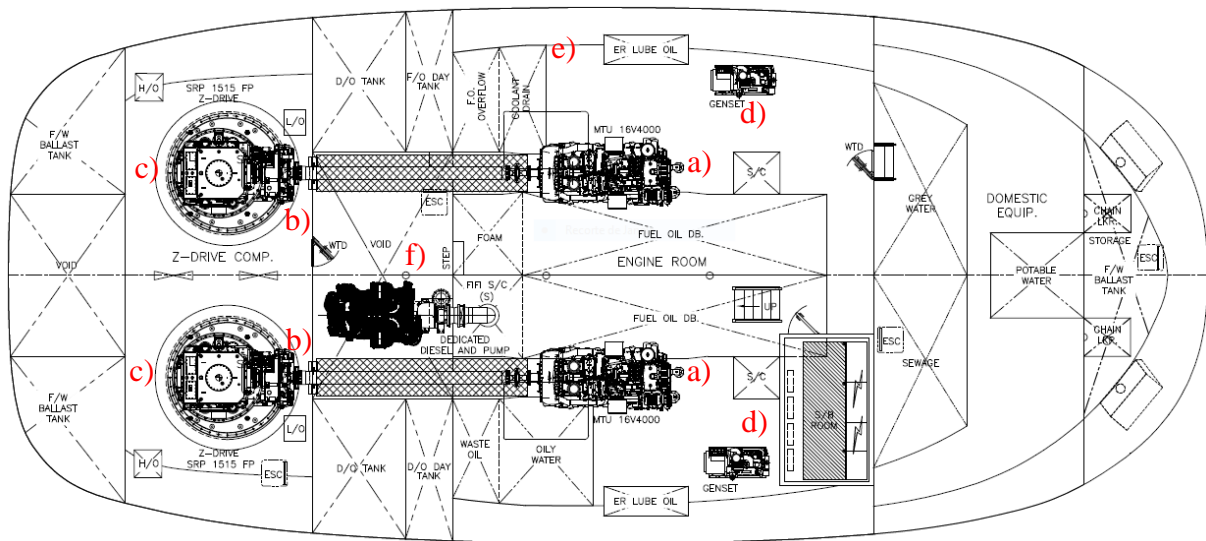


Figura 4-2– Disposição geral dos espaços da casa das máquinas: a) Máquina principal propulsora; b) Embraiagem; c) Propulsor; d) Gerador a diesel; e) Compressores de ar comprimido; f) Moto bomba do sistema FIFI

Cada uma das duas máquinas (Figura 4-3) possui 16 cilindros dispostos em “V”, com ciclos de 4 tempos e dois turbocompressores, produzindo no máximo 2240 kW cada máquina à sua rotação máxima de 1800 rot.min<sup>-1</sup>. O combustível utilizado a bordo para as MPP, assim como os restantes motores auxiliares é o gasóleo.

Todas as bombas responsáveis pela refrigeração, lubrificação e compressão de combustível são diretamente acopladas a cada máquina, garantindo assim o seu funcionamento mesmo durante uma falha de energia por parte dos geradores. Existem ainda grupos de baterias de emergência para alimentar os principais equipamentos que garantem a operação do rebocador em caso de falha energética por parte dos geradores.



**Fabricante**  
MTU

**Modelo**  
16V4000M3

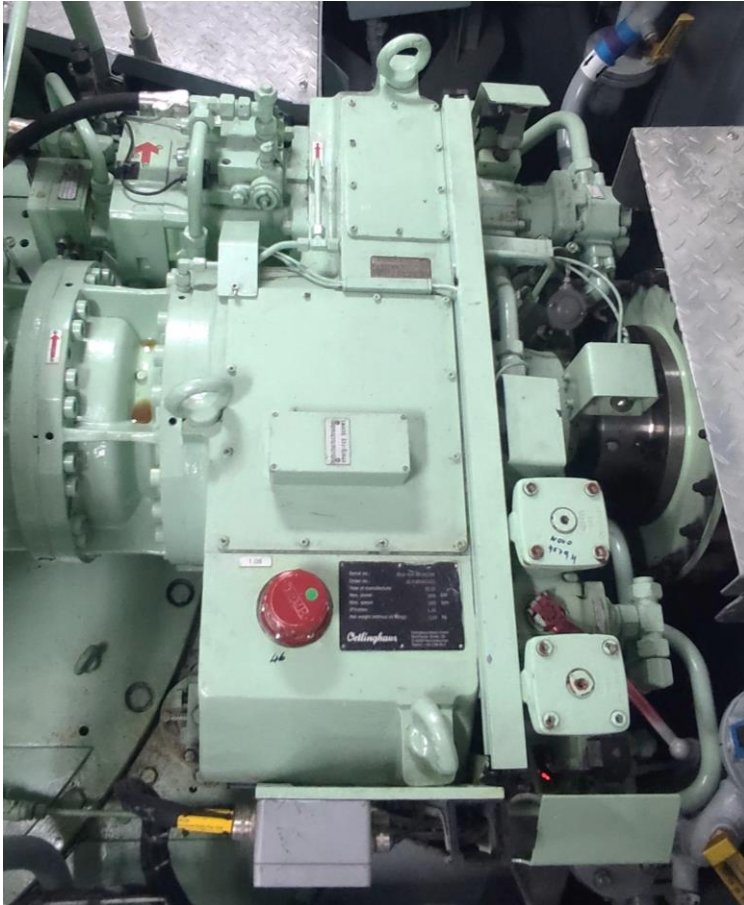
**Potência (MCR)**  
2240 kW

**Velocidade de rotação**  
800 - 1800 rot.min<sup>-1</sup>

**Consumo de combustível  
(MCR)**  
15,19 m<sup>3</sup>/dia

*Figura 4-3 – Uma das Máquinas principais propulsoras*

Também diretamente acoplado a cada máquina está uma linha de veios que termina numa embraiagem (Figura 4-4). Embraiagens estas que são autossuficientes, isto é, à semelhança das máquinas, estas também dispõem de bombas acopladas e são refrigeradas pelas mesmas bombas que as MPP. Estas embraiagens têm uma particularidade, quando recebem sinal para acoplar inicialmente, nunca acoplam totalmente, há um regime em que funcionam como caixa redutora ou neste caso como embraiagem deslizante. Isto permite um maior controlo do rebocador com velocidades muito baixas e ao mesmo tempo há uma segurança na própria embraiagem porque a rotação de entrada é muito superior à de saída quando o rebocador está em baixos regimes de carga.



**Fabricante**  
Ortlinghaus

**Modelo**  
0212-012-66-001500

**Potência máxima (MCR)**  
2898 kW

**Velocidade de rotação à saída**  
1800 rot.min<sup>-1</sup>

*Figura 4-4 – Uma das Embraiagens de acoplamento a um dos propulsores*

Diretamente acoplado às embraiagens estão as caixas redutoras e transmissões dos propulsores (Figura 4-5). É nos dois propulsores azimutais que é feita a redução da velocidade das máquinas bem como num deles o sentido de rotação do hélice.

Este tipo de rebocador, sendo azimutal, dispensa da tradicional porta de leme para mudar o rumo de uma embarcação, neste caso isso é feito através da rotação do próprio propulsor, podendo girar 360°.

Em volta de cada hélice existe uma tubeira que é muito frequente encontrar nos rebocadores, que serve não só para proteger o hélice mas também permite aumentar a sua força propulsiva, permitindo assim uma maior força de tração.



**Fabricante**  
Schottel

**Modelo**  
SRP 1515 FP

**Velocidade máxima de rotação  
à entrada**  
 $1800 \text{ rot. min}^{-1}$

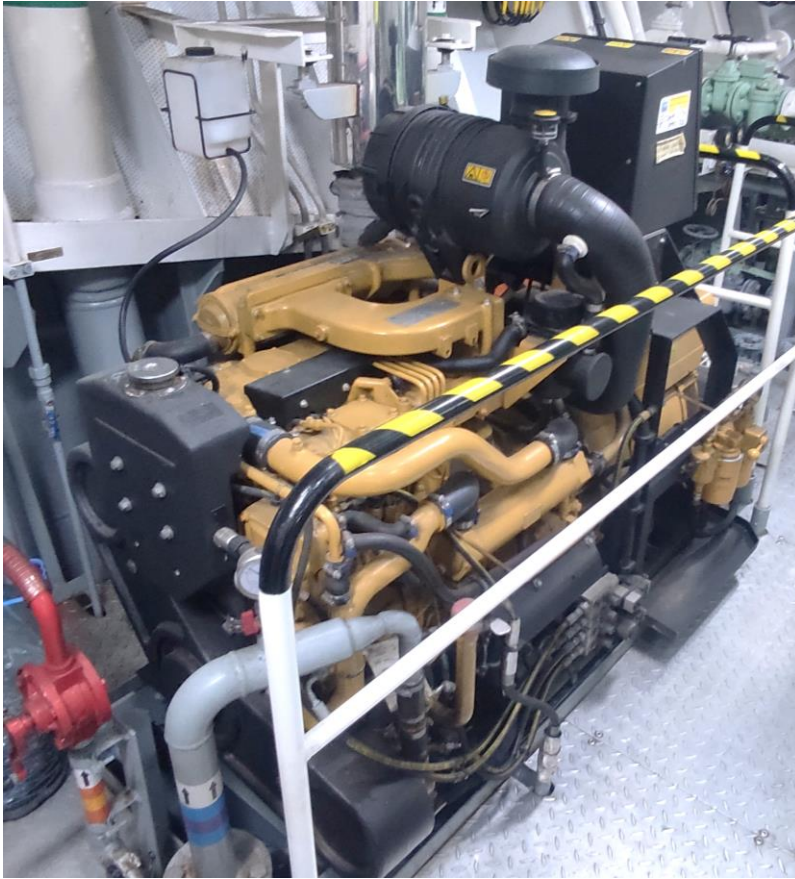
**Velocidade máxima de rotação  
do hélice**  
 $248 \text{ rot. min}^{-1}$

**Razão de redução**  
7,235:1

**Diâmetro do propulsor**  
2700 mm

Figura 4-5 – Um dos Propulsores: a) Caixa do propulsor na casa do leme; b) Propulsor submerso

Os dois geradores (Figura 4-6) são responsáveis por produzir a energia elétrica a bordo. Nestes equipamentos o motor elétrico é diretamente acionado por um motor diesel a rotação constante. Para a potência energética que é utilizada normalmente a bordo, não há necessidade de se utilizarem os geradores em modo paralelo, cada um deles tem potência suficiente para suportar todos os equipamentos. Estes motores à semelhança das máquinas, também são a 4 tempos, mas têm apenas 4 cilindros dispostos em linha sobrealimentados por um turbocompressor.



**Fabricante**  
Caterpillar

**Modelo**  
CAT C4.4 DITA

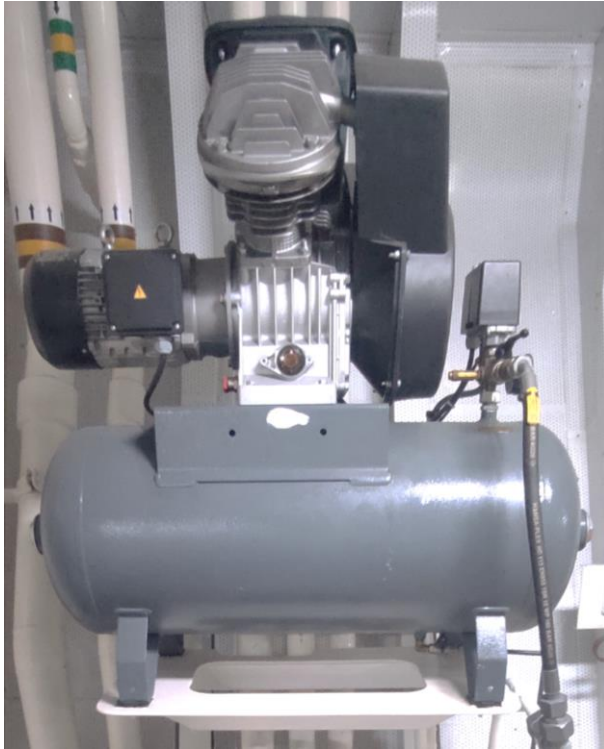
**Potência (MCR)**  
93,6 kW, 400 V AC, 50 Hz

**Velocidade de rotação**  
1500 rot.min<sup>-1</sup>

*Figura 4-6 – Um dos geradores a diesel*

Existem dois compressores de ar comprimido (Figura 4-7) para serviço geral e atuação de sistemas de emergência. Sistemas de emergência esses que são o disparo do gato de reboque (Figura 4-14) e fecho das condutas de ventilação.

Apesar de serem dois compressores, basta estar um em funcionamento e o outro fica em prontidão. É comum todos os meses alternar o compressor que está ao serviço.



**Fabricante**  
Atlas Copco

**Modelo**  
LE 3 – 10S TM 90 400/3/50

**Pressão máxima**  
10 bar

**Caudal**  
4,4 l/s

**Potência**  
2,16 kW

**Velocidade de rotação**  
1500 rot.min<sup>-1</sup>

*Figura 4-7 – Um dos Compressores de ar comprimido*

O Med Antares é certificado com a notação de combate a incêndio nível 1 (FiFi 1), isto é, tem de dispor pelo menos uma bomba com a capacidade de 2400m<sup>3</sup>/h, dois monitores de combate a incêndio<sup>1</sup> com um alcance de 120m [34]. Na casa das máquinas existe um conjunto motobomba, como representado na Figura 4-8, para combate a incêndios em navios ou terminais/cais que o rebocador tenha alcance. O motor de acionamento da bomba funciona a 4 tempos e dispõe de 12 cilindros em “V” alimentados por dois turbocompressores. A bomba que está diretamente acoplada ao referido motor e comprime água do mar ou mistura com espumífero para os monitores de combate a incêndio (Figura 4-11) e/ou para os bocais de conexão de mangueiras de incêndio (Figura 4-12) para ajuda às equipas de bombeiros do cais/terminal.

---

<sup>1</sup> Monitores de combate a incêndio - São dispositivos de combate a incêndio projetados para lançar grandes volumes de água ou espuma a distâncias significativas.



**Fabricante – Motor a)**  
Caterpillar

**Modelo**  
CAT C32

**Potência (MCR)**  
994kW

**Velocidade de rotação**  
1800 rot.min<sup>-1</sup>

**Fabricante – Bomba b)**  
FFS

**Modelo**  
300x400

**Caudal**  
2764 m<sup>3</sup>/h

**Velocidade de rotação**  
1800 rot.min<sup>-1</sup>

Figura 4-8 – Conjunto motobomba do sistema FiFi: a) Motor de acionamento; b) Bomba do sistema FiFi

#### 4.1.3 Equipamentos do convés

A Figura 4-9 e a Figura 4-10 revelam a disposição geral do convés superior e convés principal, indicando onde se encontram os equipamentos referidos neste capítulo.

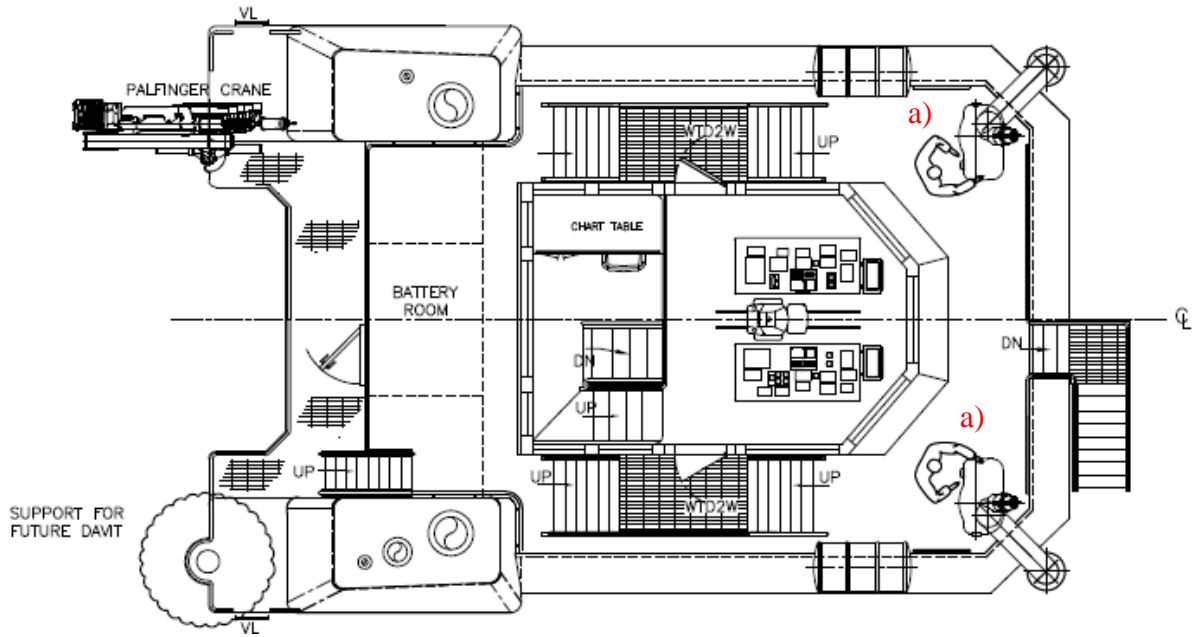


Figura 4-9 – Disposição geral do convés superior: a) Monitor de combate a incêndio

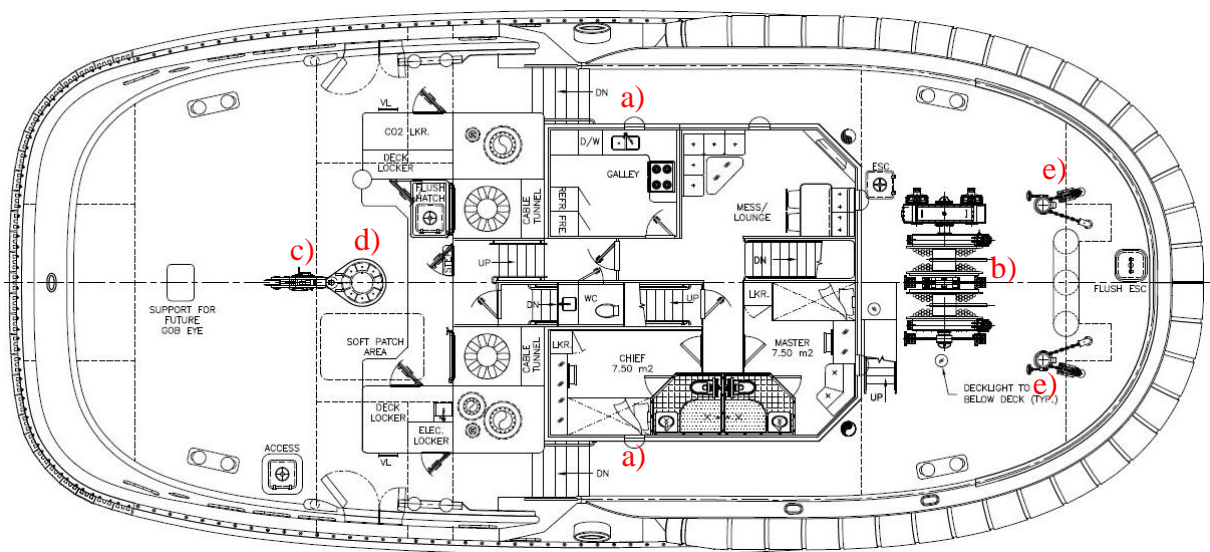


Figura 4-10 – Disposição geral do convés: a) Bocais de incêndio do sistema FiFi; b) Guincho de manobra; c) Gato de reboque; d) Cabrestante; e) Sistema de âncoras

Relacionado ainda com a notação de classe de combate a incêndio (FiFi 1) referida no final do capítulo 4.1.2, existem no convés superior virados para a proa, dois monitores de combate a incêndio (Figura 4-11) que podem ser operados localmente ou remotamente permitindo direcionar o jato de água verticalmente e horizontalmente.



**Fabricante**  
FFS

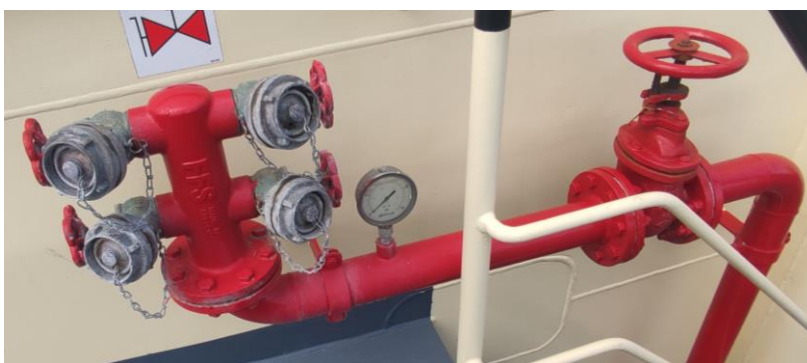
**Modelo**  
FFS 1200LB

**Pressão**  
10 bar

**Caudal**  
1200 m<sup>3</sup>/h

*Figura 4-11 – Um dos monitores de combate a incêndio*

Os bocais de incêndio do sistema FiFi (Figura 4-12) existentes podem e devem servir as unidades de bombeiros no cais, podendo abastecer cisternas ou alimentar diretamente as linhas de combate a incêndio. De forma a obedecer ao certificado de combate a incêndio, existe em cada um dos bordos do rebocador um conjunto de coletores de bocais para conexão de mangueiras de incêndio como demonstrado na Figura 4-12.



**Fabricante**  
FFS

**Modelo**  
DH-80/APR-80

**Conexão**  
Storz C-52

*Figura 4-12 – Um dos coletores de bocais de incêndio*

Para um rebocador cumprir com a sua função de rebocar, precisa de um guincho de reboque/manobra (Figura 4-13). Neste caso, situa-se na proa do rebocador e dispõe de duas bobines independentes onde estão arrumados os cabos de reboque para manobras em porto. Esta característica do guincho é bastante útil, pois no caso de se partir um dos cabos de reboque, rapidamente e facilmente se alterna para a outra bobine e volta-se a estabelecer o cabo ao navio. Outra característica de que este guincho dispõe é um modo de freio proporcional, isto permite estabelecer uma força de tração limite e o guincho liberta cabo se esta tração for excedida, é muitas vezes utilizado quando existem restrições de força nos equipamentos dos navios ou quando as condições do estado do mar não sejam as mais favoráveis. A nível de segurança do rebocador e dos seus tripulantes é possível acionar um botão de “disparo rápido”, que consiste em abrir o freio e desengrenar a bobine de serviço, desenrolando todo o cabo e libertando o rebocador do navio.



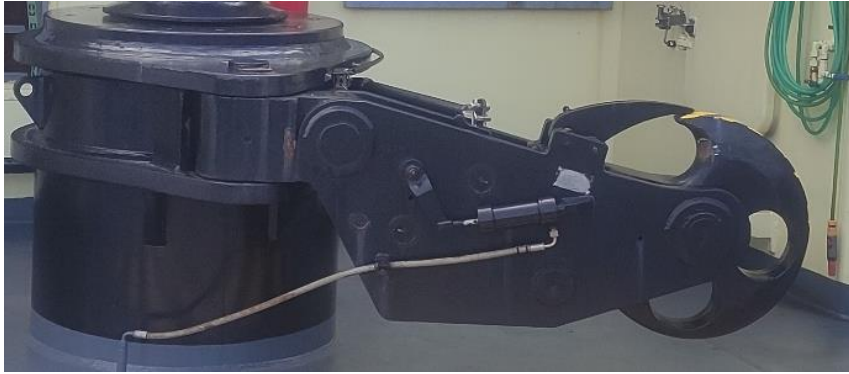
**Fabricante**  
DMT

**Modelo**  
TW 020-H 300 KN

**Força do freio da bobine**  
1750 kN

*Figura 4-13 – Guincho de manobra*

Outro equipamento muito comum em rebocadores é um gato de reboque (Figura 4-14), este encontra-se na popa do rebocador. É um sistema muito simples e puramente mecânico, basta apenas encapelar a alça de um cabo de reboque no gancho. À semelhança do guincho de manobra, este equipamento também dispõe de um botão de segurança de “disparo rápido”, que neste caso, desarma o gancho e liberta a alça do cabo, ficando assim o rebocador livre.



**Fabricante**  
DATA HIDROLIK

**Modelo**  
DTH 90-135

**SWL**  
1000 kN

*Figura 4-14 – Gato de reboque*

Associado ao gato de reboque, existe um cabrestante (Figura 4-15), mesmo por cima da base de apoio do gato, que ajuda a puxar cabos para a zona do gato de reboque. Este cabrestante é de acionamento hidráulico e pode girar nos dois sentidos até uma força máxima de cerca de 5 Ton.



**Fabricante**  
DATA HIDROLIK

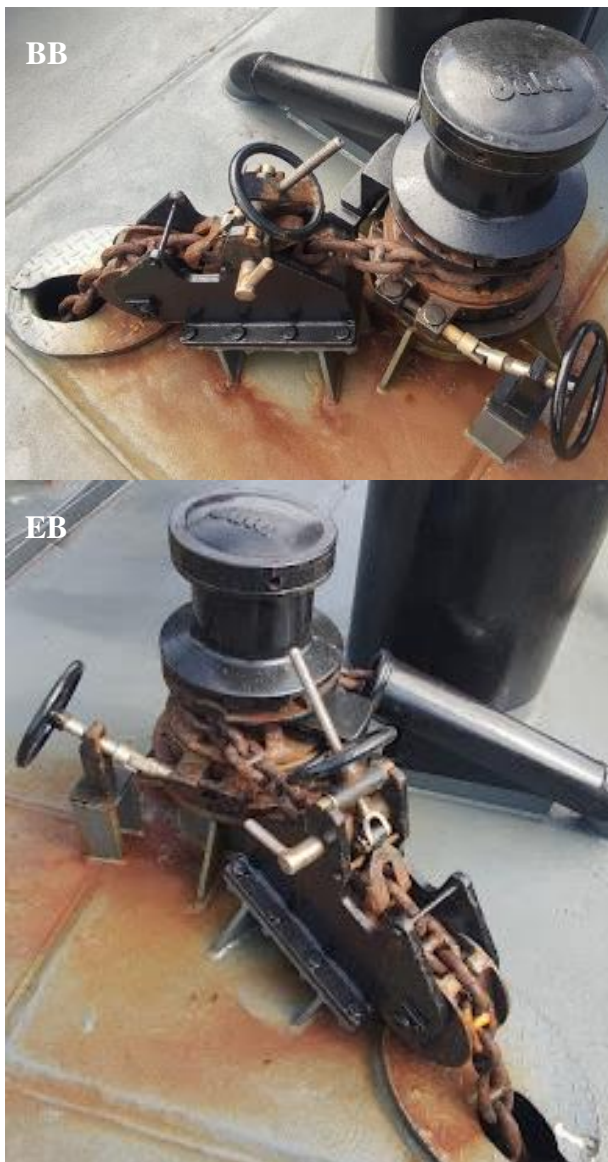
**Modelo**  
DHC 5000 H40

**SWL**  
50 kN

*Figura 4-15 – Cabrestante da popa*

O sistema de âncoras para fundear (Figura 4-16) é um equipamento indispensável em qualquer tipo de embarcação. Trata-se de um conjunto de equipamentos e procedimentos usados para

manter o navio numa determinada posição e em segurança. Este sistema é composto por três componentes: âncora; amarra e guincho. A âncora é o principal componente deste sistema, permitindo enterrar-se e/ou fixar-se no fundo mar. A amarra normalmente é uma corrente que está conectada à âncora, isto pode depender do tipo e das dimensões de cada embarcação, mas no caso dos rebocadores, normalmente as amarras são correntes. O comprimento das amarras é fundamental para garantir uma melhor eficiência e segurança durante o período de tempo em que uma embarcação está fundeada. Por fim, o sistema de guincho serve para auxiliar no largar e na recolha da âncora, permitindo controlar mais eficazmente o comprimento total libertado da amarra e é uma ajuda indispensável para recolher o equipamento do fundo do mar.



**Fabricante**  
DATA HIDROLIK

**Modelo**  
DZC 3000 H

**Velocidade de funcionamento**  
12 m/min

*Figura 4-16 – Sistema de âncoras do rebocador*

## 4.2 *Software* de gestão

O *software* de gestão de manutenção escolhido no presente trabalho para se aplicar a lista de tarefas criada e gerir a manutenção, é o *Helm Connect*. No capítulo 3.4.3 a), já tinha sido abordado que este seria o *software* a utilizar pela empresa na gestão da manutenção.

O *software Helm Connect* oferece uma variedade de funcionalidades, projetadas para ajudar as empresas a gerir eficientemente as suas operações, é bastante utilizado na indústria marítima, nomeadamente em operações de apoio *offshore*, gestão de frotas e serviços portuários.

O *Helm Connect* oferece assim uma plataforma para a gestão de diversos processos e atividades operacionais através dos seus principais módulos de funcionamento, *Helm Connect Jobs* (Operações); *Helm Connect Compliance* (Conformidades e Auditorias); *Helm Connect Personnel* (Tripulações) e o *Helm Connect Maintenance* (Manutenção). [35]

A Tabela 4-2 descreve os quatro módulos principais do *software* bem como as funções de cada componente. No Anexo B – *Software Helm Connect*, pode-se encontrar com mais detalhe o funcionamento dos módulos de Operações, Conformidade e Auditorias e Tripulações, o módulo da Manutenção por se enquadrar no tema da dissertação é descrito neste capítulo.

Tabela 4-2 – Descrição dos módulos do *Helm*

Módulo	Componente	Função
Operações	Registos	É onde todos os eventos e atividades operacionais são registados, permitindo que se mantenha um histórico detalhado das operações realizadas.
	Planeamento e despacho	É o sistema de coordenação das operações, onde o planeamento e a distribuição de recursos são feitos.
	Faturação	É responsável pela gestão financeira e criação de faturas com base nos trabalhos realizados.
Conformidades e Auditorias	Certificação	É utilizado para gerir as certificações e registos das embarcações e equipamentos. Esta função garante que os navios e os seus equipamentos atendem aos requisitos exigidos, evitando contraordenações e problemas de segurança.
	Formulários	Permite a criação e gestão de formulários personalizados para recolher informações e controlar as atividades de conformidade e segurança.
	Documentação	Permite a centralização da documentação da empresa, garantindo que todos os documentos estejam atualizados e disponíveis para auditorias e revisões.

<b>Módulo</b>	<b>Componente</b>	<b>Função</b>
<b>Tripulações</b>	Auditorias	É utilizado para gerir auditorias e inspeções internas e externas, garantindo a operação e que a frota esteja em conformidade com os requisitos exigidos e os padrões da empresa.
	Certificação	Permite a gerir as certificações de cada tripulante ou funcionário da empresa, garantindo que cada um tenha a sua documentação sempre em conformidade.
	Escalas de serviço	Otimiza e ajuda na organização dos tripulantes, garantindo que todos os turnos estejam devidamente preenchidos por membros qualificados.
	Pagamento	Garante que os funcionários sejam pagos de forma precisa e dentro do prazo, reduzindo a carga administrativa e minimizando erros no processo de pagamento.
	Período de descanso	Permite o controlo e gestão do tempo de trabalho e descanso das tripulações, assegurando a conformidade da operação com as regulamentações de descanso.
<b>Manutenção</b>	Tarefas	É responsável pela criação de tarefas que podem ser corretivas ou preventivas.
	Manutenção planeada	É utilizado para criar e gerir planos de manutenção preventivos, de forma a reduzir o risco de falhas inesperadas e prolongar a vida útil dos equipamentos.
	Inventário	É responsável pelo controlo do inventário de peças e <i>stocks</i> necessários para a realização da manutenção.
	Requisições	É utilizado para solicitar e gerir os pedidos de componentes, equipamentos e outros materiais necessários para a manutenção.

O módulo de Manutenção é projetado para facilitar a gestão e a execução de tarefas de manutenção em instalações marítimas, equipamentos e embarcações. Este módulo oferece quatro componentes, que são, como descrito na Tabela 4-2, Tarefas, Manutenção planeada, Inventário e Requisições.

A componente Tarefas permite criar tarefas de forma rápida e fácil e atribuir essas mesmas a qualquer elemento da empresa, tanto para o marítimo como para o pessoal do escritório (Figura 4-17). As tarefas criadas podem gerar e-mails de notificação para quem são direcionadas, e permitem ainda adicionar um grau de prioridade, anexar informação para complementar a tarefa e ainda verificar o seu estado, se aberto, fechado, ativo ou vencido. [36]

Figura 4-17 – Janela para criação de uma tarefa

A importância da criação de tarefas tem a ver com o facto de quando se encontra alguma situação inesperada ou não planeada, como por exemplo, uma fuga num equipamento, e é necessário o auxílio de pessoal especializado para a intervenção e correção dessa fuga. A tarefa criada será dirigida aos responsáveis pela coordenação e planeamento dessa intervenção e terá uma data limite e um grau de severidade, permite ainda anexar informação adicional como fotografias, vídeos ou documentos para completar a descrição dada na tarefa. [36]

A componente Manutenção planeada permite que as empresas planeiem e acompanhem a manutenção habitual dos seus navios, garantindo que todas as inspeções e reparações necessárias sejam realizadas no momento certo (Figura 4-18). Com esta componente é possível configurar intervalos regulares para as rotinas de manutenção com base em horas de funcionamento, datas específicas ou ciclos de operação. As rotinas de manutenção surgem de forma automática de acordo com a sua periodicidade, garantindo que nenhuma rotina seja

esquecida. O histórico das manutenções realizadas fica guardado, permitindo a consulta e análise dos dados para futuras consultas. [36]

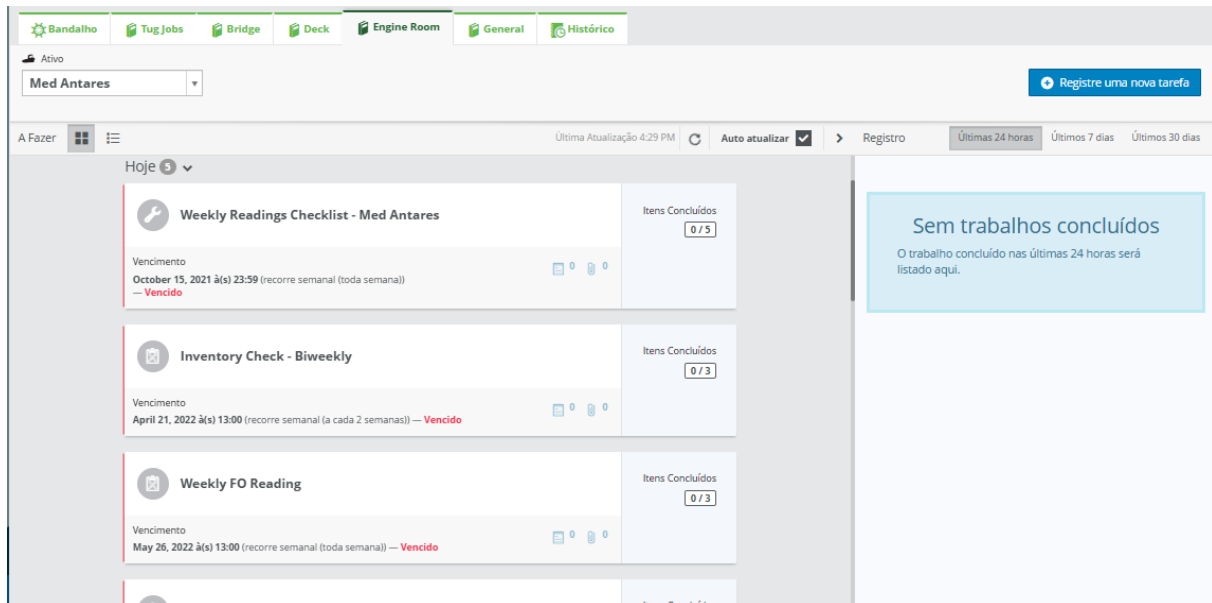


Figura 4-18 – Janela da Manutenção planeada

A componente Inventário permite que as empresas controlem e façam a gestão do material de reposição e ferramentas necessárias para a manutenção e reparação dos seus navios, garantindo que tenham os meios adequados disponíveis quando necessário (Figura 4-19). É possível ainda debitar o uso de peças nas rotinas de manutenção e ciar requisições automaticamente com base na quantidade de peças existentes. [36]

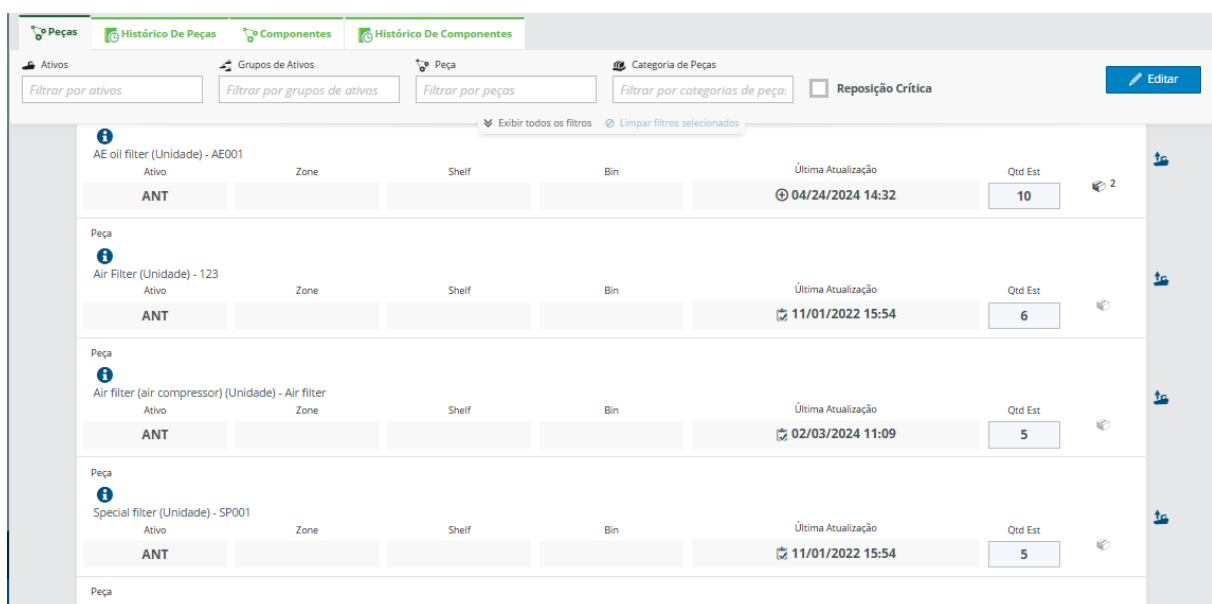


Figura 4-19 – Janela do inventário

A componente Requisições permite gerir e criar solicitações de aquisição de material diverso e serviços (Figura 4-20). Permite visualizar o estado de cada requisição, desde a criação até a aprovação e entrega. As requisições podem ser criadas automaticamente quando o *stock* de um determinado componente atinge o limite mínimo, ajudando a evitar roturas de *stock* e garantindo a disponibilidade de material necessário para a realização de manutenções. [36]

Nome	Número ...	L...	Ativo	Espaço	Criado	Criado por	Status	Custo Tot...	Item vinculado	Data de V...
AE OIL FILTERS	-	1	Med Antares	Engine Room	11/15/2021	Xavier Santos	Novo	€0.00	-	04/11/2022 ...
AE OIL FILTERS	-	1	Med Antares	Engine Room	11/15/2021	Xavier Santos	Novo	€0.00	-	-
Inventory Check - Biweekly	-	2	Med Altair	Engine Room	03/24/2022	Alex Beiza	Novo	€0.00	-	-
trapo	0000010	1	Med Altair	Bridge	04/08/2022	Ops RJ Ops	Confirmado	€0.00	-	04/15/2022 ...
Water Requisition	0000040	1	Med Altair	Bridge	04/12/2022	Alex Beiza	Recebido e...	€234.00	-	-
Weekly FO Reading	0000050	1	Portugs Set...	Engine Room	05/25/2022	Ops RJ Ops	Novo	€0.00	-	-
Weekly FO Reading	0000060	2	Portugs Set...	Engine Room	05/25/2022	Antonio Batista	Novo	€0.00	-	-
Weekly FO Reading	0000070	3	Portugs Set...	Engine Room	05/25/2022	Ana Severino	Novo	€0.00	-	-
Weekly FO Reading	0000080	2	Med Antares	Engine Room	05/25/2022	Alex Beiza	Novo	€0.00	-	-

Figura 4-20 – Janela da lista de requisições efetuadas

### 4.3 Plano de manutenção

O plano de manutenção é o principal objetivo desta dissertação, sendo que a maioria das rotinas criadas nesse plano foram retiradas das recomendações de manutenção dos manuais dos fabricantes de cada equipamento existente a bordo. Este plano poderá ser totalmente aplicado a outros rebocadores com equipamentos semelhantes, ou parcialmente, mediante os equipamentos que sejam compatíveis com o plano proposto.

Nos manuais dos fabricantes existem rotinas diárias de inspeção, nomeadamente verificação e retificação dos níveis de óleos e líquidos de refrigeração, entre outras inspeções visuais ao estado dos equipamentos e possíveis existências de fugas. Estas rotinas não foram adicionadas ao plano para não sobrecarregar a lista de tarefas diárias que irão aparecer no *software* de manutenção, mas os operadores já possuem essas rotinas bem definidas nas rondas diárias.

O número de rotinas de manutenção existentes no plano de manutenção não pretende ser exaustiva, para não sobrecarregar os operadores. O tempo disponível para a realização de

operações de manutenção por vezes é muito restrito, pois tem de ser conjugado com a disponibilidade do rebocador. Durante o serviço do rebocador, é praticamente impossível executar ações de manutenção ou outras rotinas, isto pelo facto de já existirem funções e tarefas a serem desempenhadas durante a manobra. O serviço do rebocador é normalmente confirmado e atribuído com uma hora de antecedência em qualquer período do dia, o que dá origem a “períodos flutuantes” o que dificulta por vezes a realização de todas as rotinas de manutenção previstas para esse dia, pois têm de ser ainda conciliadas com as refeições e o descanso obrigatório dos tripulantes. As previsões das manobras/serviços também não são rigorosas, o que dificulta o planeamento para a concretização da manutenção. Posto isto, pretende-se reduzir ao máximo o número de rotinas diárias estabelecidas para que seja possível realizar todas a tempo e horas.

As rotinas são intervaladas em horas de funcionamento ou tempo de calendário (dias, semanas, meses ou anos), conforme o tipo de equipamento.

Mesmo tentando reduzir ao máximo o número de rotinas planeadas para cada dia, é inevitável que a dada altura estas se acumulem, como por exemplo, uma rotina intervalada mensalmente de um equipamento, irá ao fim de seis meses sobrepor-se com a rotina estabelecida para o intervalo dos seis meses. Ou no caso de um equipamento ter intervenções agendadas mediante as suas horas de funcionamento, será ainda mais imprevisível saber quando estas irão ocorrer, porque dependerá da frequência de utilização desse equipamento, e assim quando chegar o momento da realização da manutenção, poderá coincidir com um dia já preenchido com outras manutenções planeadas.

A maioria das rotinas criadas tem um carácter preventivo, cumprindo com os intervalos estabelecidos pelos fabricantes, por exemplo, as rotinas de recolha de amostras de óleos para análise, substituição de filtros, entre outras de carácter preventivo. Os propulsores, máquinas principais, embraiagens e unidades hidráulicas, são equipamentos com uma quantidade significativa de óleo, e nestes casos a substituição total do óleo pode justificar ser realizada mediante o resultado da sua análise. Associados aos equipamentos referidos, existem sistemas de filtragem permanente do óleo, garantindo uma maior durabilidade do mesmo, o que não acontece no caso dos geradores, justificando a mudança do óleo no tempo previsto e planeado.

A PdM ainda não se aplica concretamente, pois exige uma série de ferramentas e técnicas das quais ainda não se dispõe e não é praticada a bordo, como as referidas anteriormente no capítulo 3.3.1.3.

Existem equipamentos a bordo em que se justifica a prática de ações corretivas, isto porque normalmente existe sempre uma redundância, como por exemplo, as luzes de navegação. Não é viável a substituição preventiva deste tipo de luzes pois o painel das luzes de navegação alarma quando alguma lâmpada se funde, e permite que se atue a lâmpada de reserva, não obrigando a uma substituição imediata nem preventiva.

O plano de manutenção apresentado neste trabalho, foi criado numa folha de cálculo (*software Excel*), onde cada folha corresponde a um equipamento ou conjunto de equipamentos iguais (Figura 4-21).

10						
11	Trigger	Job	Description	SFI		
12	6m	Bottom air comp. Safety valve	Safety valve test (Cap. 6.3)	732.001.002		
13	6m	Bottom air comp. Air filter	Inspection and clean air filter (Cap. 6.2)	732.001.002		
14	1y	Bottom air comp. Air filter	Replace air filter (Cap. 6.2)	732.001.002		
15	2y	Bottom air comp. Oil	Oil change (Cap. 5.2)	732.001.002		
16	2y	Bottom air comp. Valves	Replace valve discs (Cap. 6.1)	732.001.002		
17						
18						
19						
20						
21						

Figura 4-21 – Folhas da Lista de Rotinas

No Anexo A – Rotinas de manutenção, encontra-se a lista de rotinas de manutenção dos equipamentos descritos anteriormente nos capítulos 4.1.2 e 4.1.3. A Tabela 4-3 mostra um excerto da lista criada, que se refere a um Compressor de Ar comprimido, sendo a lógica idêntica e aplicada aos restantes equipamentos. Na primeira coluna “Intervalo” é fornecida a periodicidade de cada tarefa, na coluna seguinte “Trabalho” será o título ou o nome para a rotina, de seguida na coluna da “Descrição” são descritas as tarefas a realizar na rotina criada, por último, a coluna do “Código SFI” associado à rotina para ajudar na organização. Na coluna da descrição, é comum encontrar-se uma referência a páginas, capítulos ou secções, isto é, a referência cruzada para ajudar os operadores a realizar as rotinas indo diretamente à página do manual do equipamento onde está descrito os procedimentos para realizar a tarefa.

Tabela 4-3 – Excerto da lista de rotinas de manutenção de um Compressor de ar comprimido

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
6m	Top air comp. Safety valve	Safety valve test (Cap. 6.3)	732.001.001
6m	Top air comp. Air filter	Inspection and clean air filter (Cap. 6.2)	732.001.001
1y	Top air comp. Air filter	Replace air filter (Cap. 6.2)	732.001.001
2y	Top air comp. Oil	Oil change (Cap. 5.2)	732.001.001
2y	Top air comp. Valves	Replace valve discs (Cap. 6.1)	732.001.001

De forma a se compreender melhor o funcionamento e interação com o plano de manutenção no *software Helm*, irá ser descrito como são criadas as tarefas de manutenção e como são apresentadas e utilizadas pelos operadores. Assumindo as rotinas de manutenção definidas na Tabela 4-3 como exemplo, para a inserção e criação do plano de manutenção no *software Helm Connect*, na Figura 4-22 é possível observar uma janela de criação e edição de uma tarefa de manutenção. Realçado a amarelo na Figura 4-22 está o título da tarefa, neste caso, a manutenção ao fim de um ano do Compressor de ar.

No retângulo azul, que é o cabeçalho da tarefa, temos as seguintes informações:

- **Ativo** – É onde se atribui a rotina criada ao respectivo rebocador.
- **Componente** – Neste espaço é apresentado o código SFI da rotina do equipamento em causa.
- **Agendar** – É aqui que se define com que frequência o rotina ocorre.
- **Frequência** – Mostra a frequência de ocorrência da rotina.
- **Data efetiva** – Data de início da rotina.
- **Atividades de modelo** – Neste espaço pode-se definir em que circunstâncias se realiza a rotina, por exemplo rotinas que são realizadas durante a manutenção em doca seca.
- **Espaço** – Secção ou departamento que está responsável pela realização da rotina.
- **Documentos ligados** – É possível adicionar manuais existentes na biblioteca virtual do *software*.
- **Tags** – Permite que sejam adicionadas várias palavras-chave relacionadas com a rotina ou com o equipamento.
- **Rastreamento de mão de obra** – Se a rotina necessitar de mão de obra externa é neste espaço que se define previamente essa informação.

O retângulo vermelho realça uma grelha que possui várias opções para a criação e edição das tarefas de manutenção, bastando arrastar as opções pretendidas para a direita e introduzir a informação necessária para criar uma rotina. No exemplo dado da Figura 4-22 é possível observar que das opções possíveis, foi selecionada uma que permite abater ao *stock* existente um sobresselente necessário para a realização da manutenção definida pela rotina, que neste caso é a substituição do filtro de ar do Compressor de ar, que se encontra marcada pelo retângulo verde.

Uma particularidade do *software Helm Connect*, é que permite reunir numa só tarefa de manutenção várias rotinas, desde que estas se realizem com a mesma frequência. Por exemplo, ao fim de dois anos, é necessário substituir o óleo e os pratos das válvulas do Compressor de ar como exposto na Tabela 4-3, logo, ao invés de criar duas tarefas de manutenção com a mesma frequência, adicionam-se estas duas rotinas numa só tarefa, como é possível verificar na Figura 4-23.

The screenshot shows a software interface for creating and editing maintenance routines. The interface is divided into several sections:

- Top Navigation Bar:** Contains tabs for 'Inspeções', 'Manutenção', 'Inventário', 'Requisição', 'Certificações Da Tripulação', 'Certificações De Ativos', 'Formulários', 'Auditorias', and 'Ativo Anexado'.
- Task Header:** A yellow box highlights the title 'Top air compressor 1y maintenance'. To its right are buttons for 'Descartar Rascunho', 'Salvar Rascunho', and 'Publicar Rascunho'.
- Task Details Form:** A blue box highlights this section, which includes fields for 'Ativo \*' (Med Antares), 'Componente' (Selezione um compon...), 'Agendar \*' (Agendado), 'Frequência (data)' (Anual (Todo ano)), 'Data Efetiva' (01/01/2024), and 'Atividades de Modelo' (0 Atividades de Modelo). It also includes a 'Espaço \*' field (Engine Room) and a 'Documentos ligados' field (0 Documentos ligados).
- Task List:** A green box highlights a list of tasks, including '1 Top air compressor replace air filter (Cap. 6.2)' and '1.1 Replace air filter (Cap. 6.2)'. The latter includes a quantity of '1', a component 'Air filter (air compressor) (U...)', and a category 'Uso de Peças'.
- Task Editor:** A red box highlights a sidebar with various options: 'Categoria', 'Categoria de Agrupação', 'Insira uma descrição', 'Instrução', 'Imagem', 'Substituído | OK', 'Concluído' (checked), and 'Seleção de'.

Arrows indicate the flow of information: a blue arrow points from the task details form to the task list, and a green arrow points from the task list to the task editor.

Figura 4-22 – Janela para criação e edição de rotinas de manutenção

O *Helm* permite também que as rotinas criadas dentro de uma tarefa de manutenção possam interagir com outras funções dos componentes de funcionamento do *software*, como por exemplo, a componente de Inventário. Na Figura 4-23 é possível constatar que as rotinas

permitem abater de forma automática ao stock do rebocador tanto peças sobresselentes como óleos de lubrificação

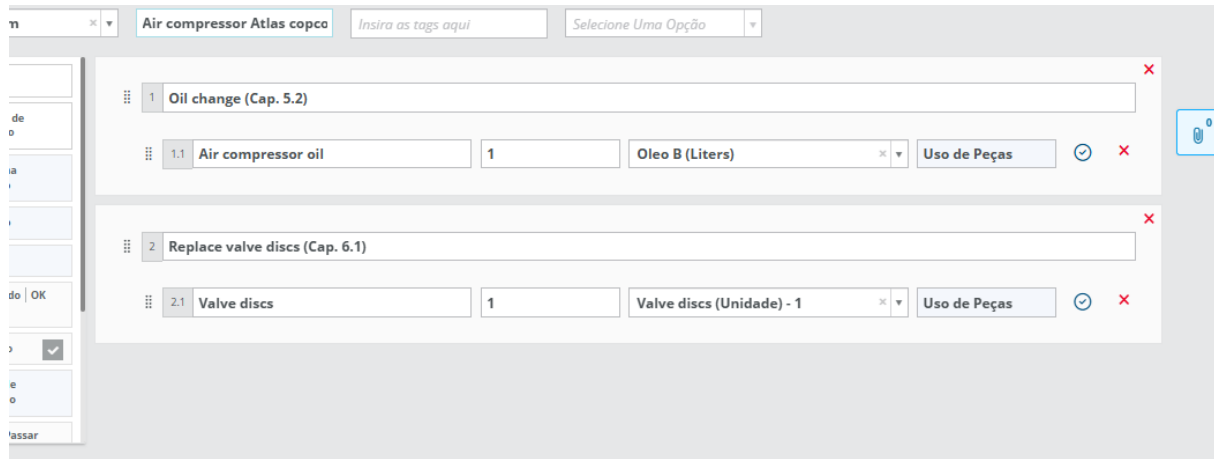


Figura 4-23 – Rotinas de manutenção dos 2 anos de funcionamento do Compressor de ar

Após as tarefas estarem criadas e publicadas, passam a estar inseridas no plano de manutenção, ficando acessível ao operador. A Figura 4-24 revela a janela acessível ao operador sobre o plano de manutenção do Compressor de ar, sendo possível verificar que das cinco rotinas existentes na lista de manutenção criada para o Compressor de ar (Tabela 4-3), resultam apenas três tarefas. Esta é uma vantagem do *software Helm Connect*, em comparação com outros softwares que não permitem adicionar várias rotinas numa única tarefa, diminuindo assim o número de interações com o *software* e revelando a sua facilidade de adaptação por parte dos operadores. O plano de manutenção é ordenado em forma de lista, por ordem cronológica das tarefas, isto é, as tarefas que estão na iminência de concretização encontram-se sempre no topo da lista, logo a seguir às vencidas, cujas datas não foram adiadas.

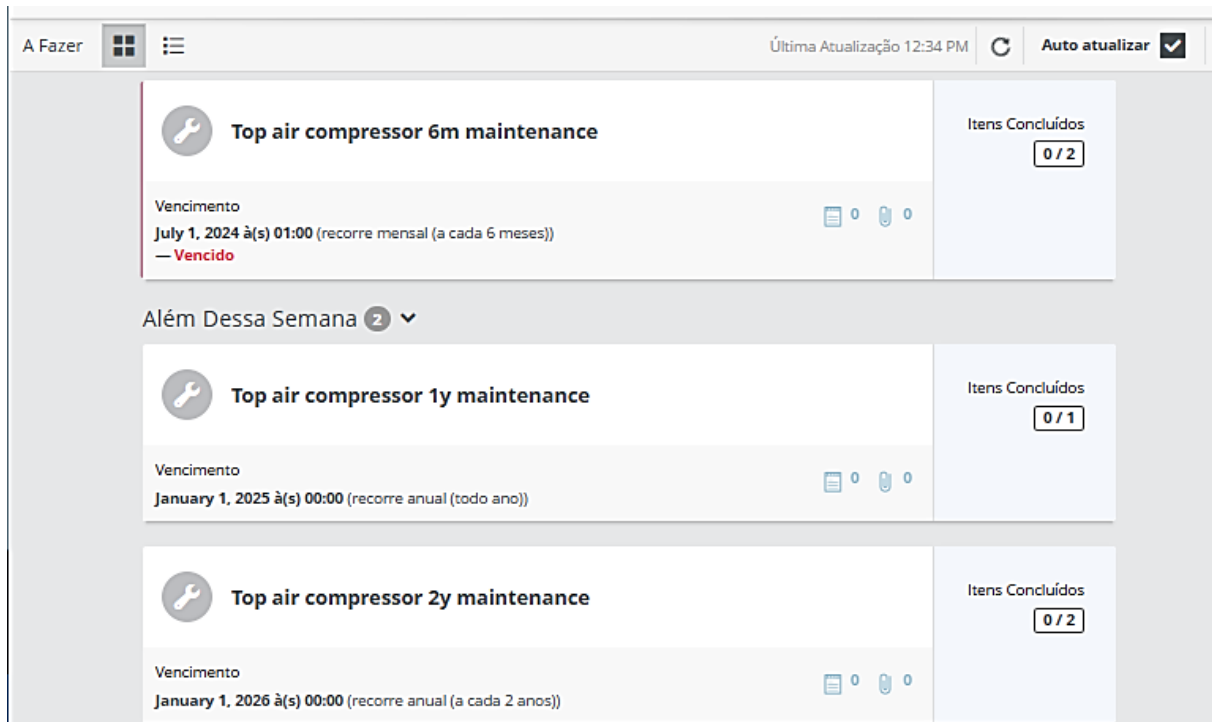


Figura 4-24 – Janela do plano de manutenção do Compressor de ar

O operador ao abrir e iniciar a rotina dos seis meses do Compressor de ar, que é a primeira da lista apresentada na Figura 4-24, surge outra janela, que está apresentada na Figura 4-25. Esta janela tem na parte superior, uma linha de título que dispõe de várias informações e interações disponíveis que serão explicadas na Figura 4-26. Por baixo da linha do título há um cabeçalho com informações sobre a tarefa a realizar, cujas suas funções estão detalhadas na Tabela 4-4. A seguir ao cabeçalho da tarefa, encontram-se as rotinas de manutenção (Figura 4-27).

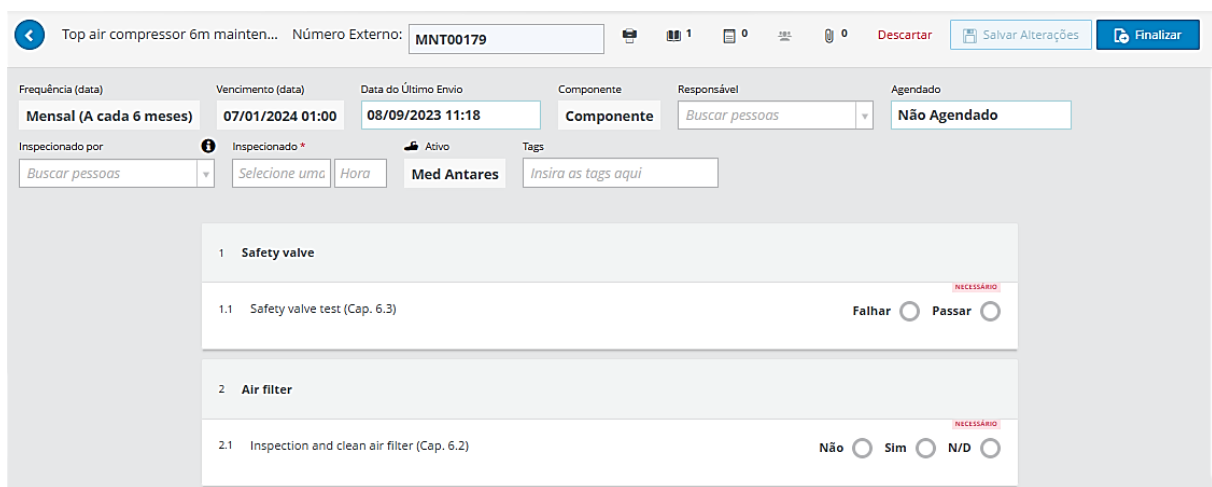
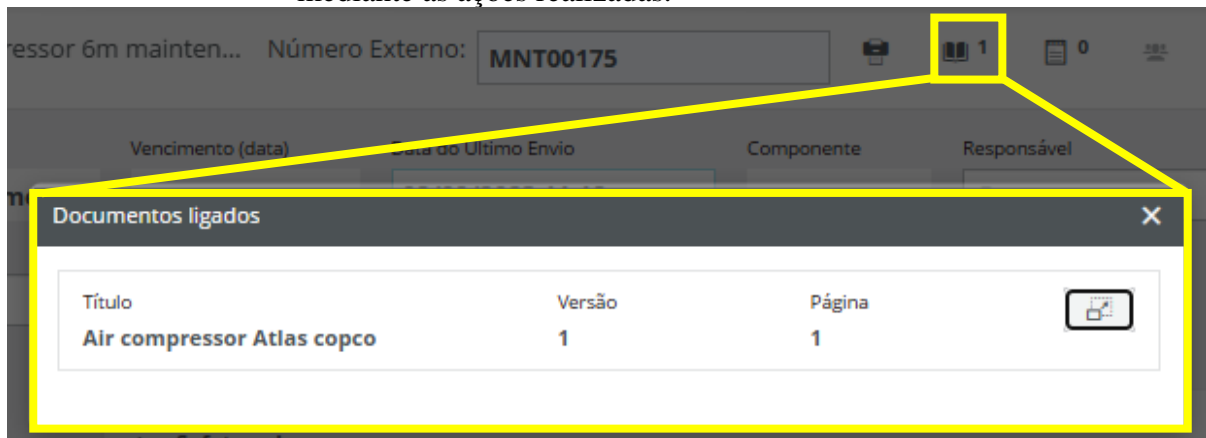
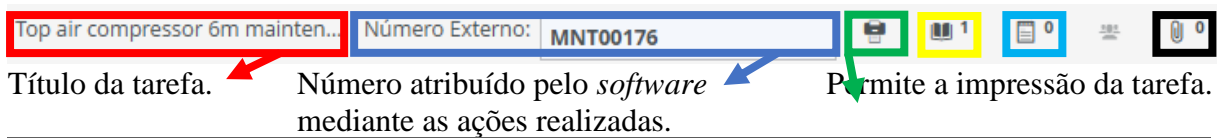
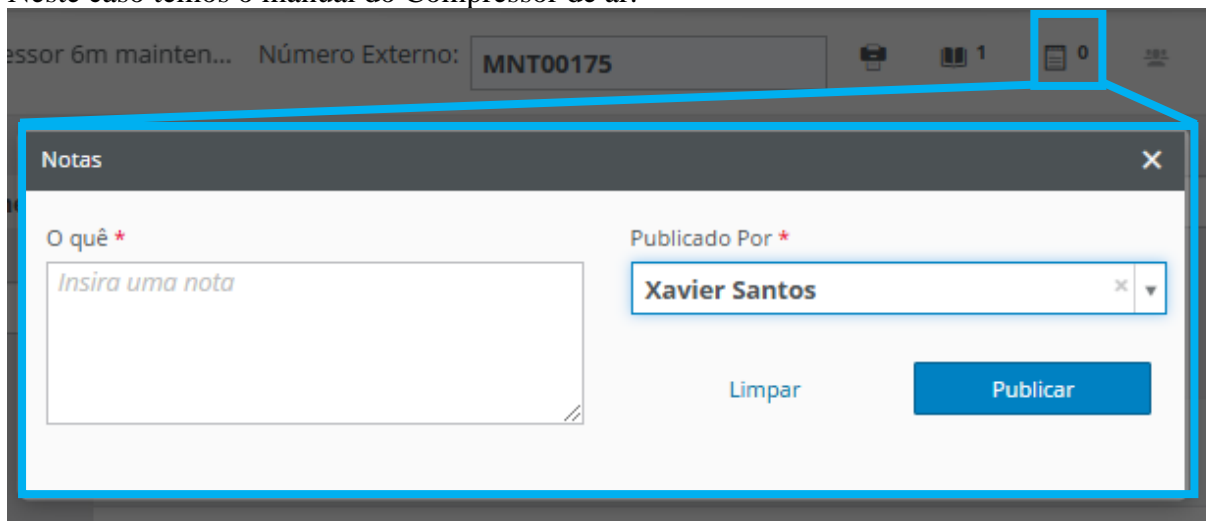


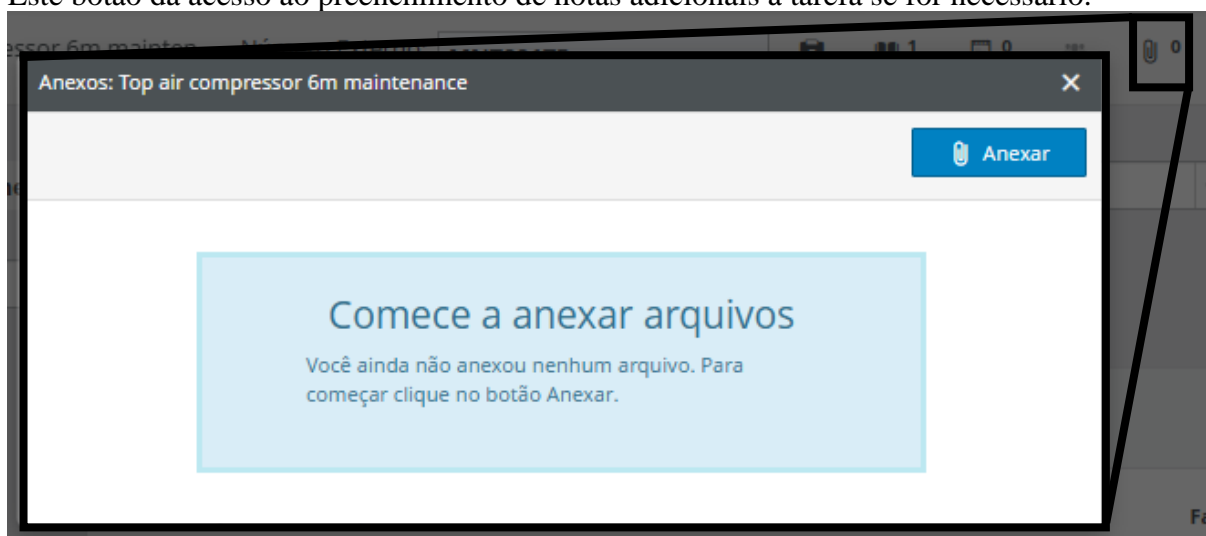
Figura 4-25 – Tarefa de manutenção dos 6m de funcionamento do Compressor de ar comprimido



Este botão permite aceder aos documentos da biblioteca virtual que estão ligados à tarefa. Neste caso temos o manual do Compressor de ar.



Este botão dá acesso ao preenchimento de notas adicionais à tarefa se for necessário.



Este botão permite anexar qualquer tipo de ficheiro para complementar a tarefa se for necessário.

Figura 4-26 – Descrição das funções da barra de título da janela da Figura 4-25

Tabela 4-4 – Funções da barra de cabeçalho das tarefas de manutenção

Frequência (data) <b>Mensal (A cada 6 meses)</b>	Frequência de ocorrência da tarefa de manutenção.
Vencimento (data) <b>07/01/2024 01:00</b>	Data limite da realização da tarefa de manutenção. Após esta data a tarefa fica com uma indicação de vencida (Figura 4-18).
Data do Último Envio <b>08/09/2023 11:18</b>	Data da última realização da tarefa de manutenção.
Componente <b>Componente</b>	Será neste espaço onde aparecerá o Código SFI respeitante à tarefa.
Responsável Buscar pessoas	O nome do responsável pela tarefa de manutenção.
Agendado <b>Não Agendado</b>	Esta opção permite adiar a tarefa para outra data, e dar o motivo pela qual foi adiada.
Inspeccionado por Buscar pessoas	O nome do operador responsável pela concretização da tarefa.
Inspeccionado * Seleccione uma Hora	Data e hora da realização da tarefa.
Ativo <b>Med Antares</b>	O nome do rebocador ao qual a tarefa está atribuída.
Tags Insira as tags aqui	Permite que sejam adicionadas várias palavras-chave relacionadas com a rotina ou com o equipamento.

As rotinas de manutenção representadas na Figura 4-27, permitem ao operador uma interação fácil, e uma vez mais, o *Helm* articula as funções dos seus componentes de funcionamento. Isto é, o operador ao seguir as rotinas definidas na tarefa, neste caso um teste e uma inspeção a dois componentes do Compressor de ar, pode encontrar alguma falha ou anomalia, então ao preencher as rotinas de forma negativa nas opções, “Falhar” e/ou “Não”, automaticamente o *software* abre uma outra janela para criar uma tarefa para corrigir a falha encontrada (Figura 4-28).

<b>1 Safety valve</b>		
1.1 Safety valve test (Cap. 6.3)		Falhar <input type="radio"/> Passar <input type="radio"/>
<b>2 Air filter</b>		
2.1 Inspection and clean air filter (Cap. 6.2)		Não <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> N/D <input type="radio"/>

Figura 4-27 – Rotinas a realizar para completar a tarefa de manutenção

Item em Falha
✕

Tarefa \*
Peças Usadas
Agendar
0 Notas
0 Anexos
Mais

Descrição da Tarefa \*

Severidade

⚠

⚠

⚠

Tipo de origem

**Manutenção**

Origem

**Top air compressor 6m maintenance**

Tags

Local

Ativo \*

**Med Antares**

Criado por \*

**Xavier Santos**

Componente

Exibir em \*

**Engine Room**

Cancelar
✓ Concluir
📄 Criar Tarefa

Figura 4-28 – Janela de nova tarefa para reportar uma falha

## 5. Análise de resultados

Espera-se que a implementação do presente plano de manutenção no *software* de gestão de manutenção *Helm Connect* venha proporcionar uma redução significativa de falhas não planeadas, diminuição do tempo de inatividade das embarcações, uma maior eficiência operacional e uma poupança de custos a longo prazo.

### 5.1 *Software* de gestão de manutenção

O *software Helm Connect* veio facilitar a criação e atribuição de listas de trabalhos específicos, o acompanhamento do progresso das tarefas e o registo de informações importantes, como o histórico de manutenção e dados de desempenho dos equipamentos. Os operadores do *Helm* destacam positivamente a interface intuitiva e as funcionalidades abrangentes (Figura 5-1). O tempo de adaptação e aprendizagem foi bastante curto, com a maioria dos operadores a tornar-se hábil no uso do *software* ao fim de uma semana, pois é possível, por exemplo, com apenas dois “*clicks*” aceder às rotinas de manutenção planeadas da casa da máquina (Figura 5-2).

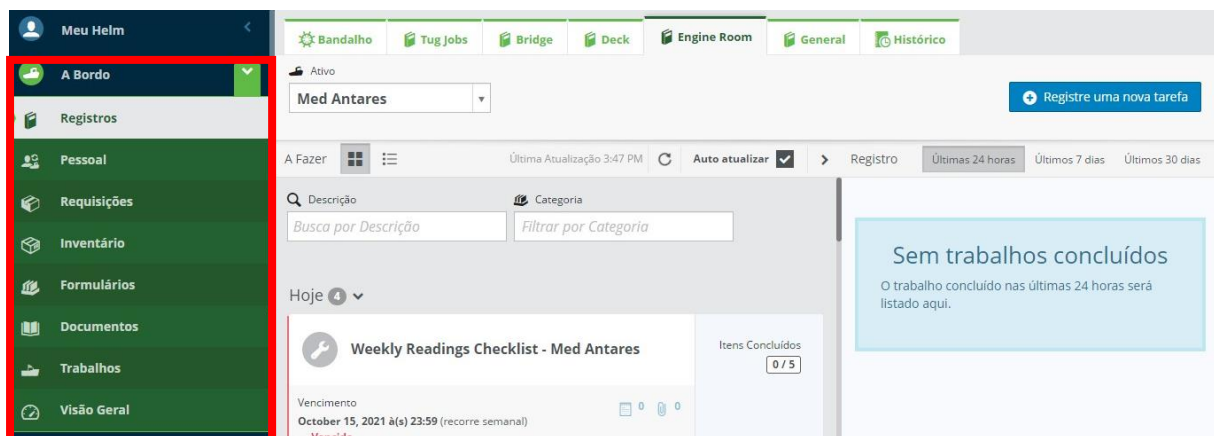


Figura 5-1 – Menu de acesso às funções do Helm Connect

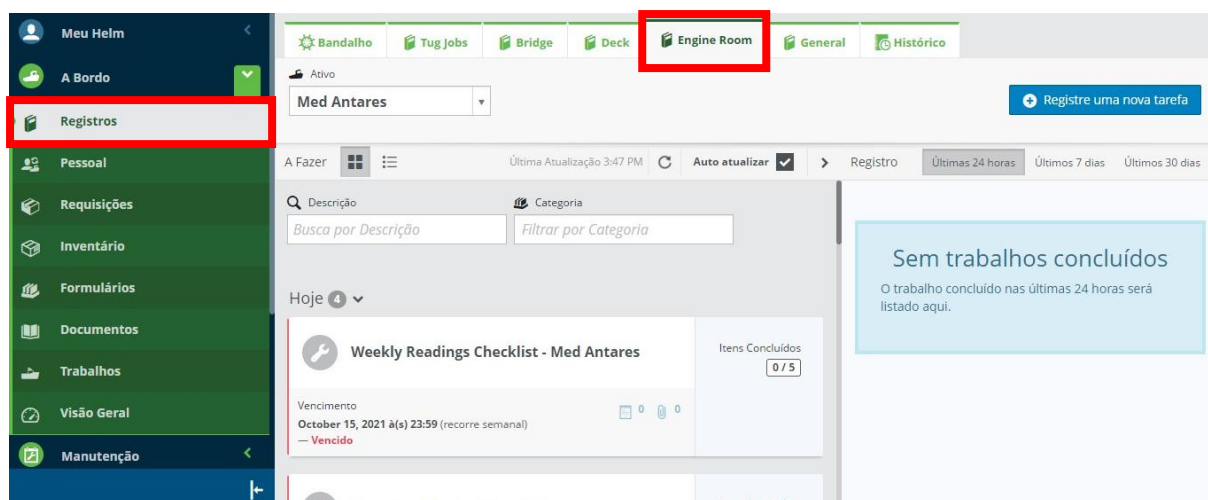


Figura 5-2 – Acesso às rotinas de manutenção

Os módulos e componentes do *Helm* apresentados anteriormente no Capítulo 4.2, permitem uma interação entre si, isto é, após ter-se executado uma rotina de manutenção e ao preencher esta no *software*, este permite que o inventário seja atualizado se o operador tiver utilizado algum componente sobresselente do *stock* de bordo, bem como anexar ficheiros que sejam relevantes ao trabalho realizado e criar tarefas destinadas a qualquer elemento da empresa de forma a reportar algo que tenha sido identificado.

Um aspeto negativo no *Helm*, quando comparado com outros *softwares* similares, é que este não permite a inserção e atualização das horas de funcionamento de um determinado equipamento no registo da sua rotina, obrigando assim aos operadores a atualização e registo antecipadamente das horas de todos os equipamentos de bordo que tenham contadores, pois não permite fazê-lo apenas a um equipamento, e só depois registar a rotina de manutenção que tinha sido efetuada previamente. Outros *softwares*, como o *Sertica* por exemplo, permitem que seja adicionado num espaço próprio as horas de funcionamento de um equipamento no momento de registo da rotina de manutenção realizada. Durante as videoconferências de formação para operar com o *Helm*, a questão do registo das horas de funcionamento dos equipamentos foi colocada, e até foi sugerido que procedessem a essa melhoria de forma a ficarem na mesma linha de outros *softwares*, no entanto até ao momento essa desvantagem persiste.

## 5.2 Lista de rotinas de manutenção

Pretende-se que a lista de rotinas de manutenção criada para o rebocador Med Antares seja o mais objetiva possível, para que se traduza numa melhor eficiência de gestão de rotinas de

manutenção. Esta lista foi criada em inglês para que possa ser implementada em rebocadores similares ao Med Antares fora da frota portuguesa da Medtug.

Como a lista de rotinas ainda não está totalmente implementada no *software* de gestão de manutenção, e a empresa não dispõe de dados suficientes para se poder avaliar nesta data um possível aumento da disponibilidade operacional dos equipamentos e uma possível redução dos custos de manutenção. Assim, é essencial priorizar a implementação total das rotinas e posteriormente confrontar com os custos de manutenção e números de paragens imprevistas do rebocador, para validar a eficácia do sistema e da otimização dos processos de manutenção.

A organização da implementação das rotinas é muito importante, pois esta pretende evitar a acumulação de várias rotinas para o mesmo dia. Isto é, as rotinas que estão definidas como tempo de calendário, repetem-se em intervalos de tempo bem estabelecidos e definidos, já as rotinas definidas em intervalos horários, tornam-se um pouco mais irregulares, pois dependem dos tempos de funcionamento de cada equipamento, o que torna inconstante a sua data para a execução da manutenção. Assim os equipamentos que de acordo com as tabelas do Anexo A – Rotinas de manutenção, cuja periodicidade da sua manutenção é definida por horas de funcionamento, destacam-se principalmente as MPP e os Geradores Auxiliares, enquanto que os equipamentos cuja manutenção é definida por tempo de calendário, temos as Embraiagens, os Propulsores, os Sistema de rotação dos Propulsores, os Compressores de ar entre outros equipamentos. Um exemplo do exposto anteriormente, seria as rotinas de manutenção das Embraiagens realizarem-se às segundas-feiras, Propulsores e Sistemas de rotação do propulsor às terças-feiras, e assim por diante para que não haja uma diversidade de equipamentos diferentes todos com rotinas no mesmo dia, como demonstrado na Tabela 5-1. As rotinas definidas por horas serão enquadradas em qualquer dia da semana mediante o instante de tempo em que ocorram. Esta distribuição das rotinas permitirá com certeza uma gestão mais eficiente do tempo despendido em ações de manutenção.

Tabela 5-1 – Distribuição dos equipamentos a manter pelos dias da semana

<b>Dia da semana</b>	<b>Equipamentos a manter</b>
<b>Segunda-feira</b>	Embraiagens
<b>Terça-feira</b>	Propulsores Sistemas de rotação do propulsor
<b>Quarta-feira</b>	Compressores de ar comprimido FiFi
<b>Quinta-feira</b>	Guincho de manobra
<b>Sexta-feira</b>	Sistema de tratamento de águas de esgoto
<b>Sábado</b>	Sistema de CO <sub>2</sub>
<b>Domingo</b>	Gato de reboque Cabrestante da popa Sistema de âncoras

Em alternativa ao *software* de gestão de manutenção era costume utilizarem-se tabelas juntas aos equipamentos (Figura 5-3), de forma a informar quando foi realizada a última manutenção e quando será a próxima. Outra rotina habitual que os operadores utilizavam antes da implementação do *software* de manutenção, era o preenchimento semanal de uma tabela no *software Excel* onde se adicionavam as horas de todos os equipamentos com contador (Figura 5-4), as quantidades existentes a bordo de combustível, óleo e água, bem como as quantidades que se abasteceram desses fluídos nessa semana (Figura 5-5). Esta, de forma automática, revela aos operadores a quantidade de horas de funcionamento dos equipamentos entre os registos, médias e consumos semanais (Figura 5-6). Permite ainda prever quantas horas de funcionamento terá um determinado equipamento numa data futura, baseado nas médias dos registos devidamente preenchidos. Este tipo de tabela tem sido bastante útil enquanto o *software* de gestão não está totalmente implementado.

MPP BB		Med Antares	
MTU 16V4000M63L		N. Serie: 527114558	
Rotina	Última manutenção	Próxima manutenção	
500 H, Pág. 197 - Substituir filtros de óleo			
500 H, Pág. 201 - Limpar filtros centrifugos			
1000 H, Pág. 169 - Substituir filtro primário de combustível			
1000 H, Pág. 161 - Substituir filtro de combustível			
1000 H, Pág. 193 - Substituir óleo			
3000 H, Pág. 147 - Afinação de válvulas das cabeças			
3000 H, Pág. 188 - Substituir filtros de ar			

Figura 5-3 – Exemplo de uma tabela de registo da manutenção de um equipamento

Data			03/01/2023	10/01/2023	17/01/2023	
H O R A S	Propulsion	MPP	BB	4614	4646	4679
			EB	4607	4640	4673
		Clutch	BB	4614	4646	4679
			EB	4607	4640	4673
		Prop.	BB	4614	4646	4679
			EB	4607	4640	4673
	AUX	BB	7032	7079	7193	
		EB	7313	7365	7403	
	Fire	FiFi		7	7	7
		Fire Pump		14	14	14
		Gen. Serv. Pump		26	26	26
	S. W. Pump	BB	4547	4548	4548	
		EB	9574	9672	9823	
	Fan	BB	4460	4494	4527	
		EB	4351	4385	4419	
	Fuel Pump			60	61	61
	Winch	PTO Pump	BB 1	2193	2213	2225
			EB 2	2196	2216	2229
		Pilot Pump		2219	2239	2252
		Oil Cooler		28	28	28
Water Cooler		28	28	28		

Figura 5-4 – Tabela de registo de horas dos equipamentos

		Data		03/01/2023	10/01/2023	17/01/2023	
S O N D A S	Fuel	Day Tk.	BB	9400	10430	10250	
			EB	9830	10650	9970	
		D.B. Tk.	BB	15900	15790	13590	
			EB	15900	6930	3950	
		Aft Tk.	BB	17300	17230	16070	
			EB	17580	17710	16820	
		Over Flow			250	220	250
		Abastecimento			36000		
		TOTAL			86160	78960	70900
		Water	Potable Water Tk.			11100	13200
	Abastecimento			10000	5747		
	Oil	AUX	BB	0	0	0	
			Hyd.	204	204	204	
		MPP	BB	175	175	150	
			EB	256	236	236	
		C/ Leme	BB	119	218	218	
			EB	340	340	340	
		AUX	15W40	13	13	13	
		Lemes	Mobil DTE 10 Excel 32	35	35	35	
		Ballast	Fore Tk.	CT	8900	8900	8900
			Aft Tk.	BB			
	Bilge	Waste oil	EB ré	230	230	230	
		Oily Water	EB vt	2914	3897	3897	
	Foam	Espumifero		15262	15262	15262	

Figura 5-5 – Tabela de registo das quantidades de fluídos existentes e recebidos

		Data		03/01/2023	10/01/2023	17/01/2023	
H O R A S  E  C O N S U M O S  S E M A N A I S	MPP	BB		35	32	33	
		EB		34	33	33	
		litros/hora		108,6956522	110,769231	122,121212	
	AUX	BB		132	47	114	
		EB		35	52	38	
	Fire	FiFi			0	0	0
		Fire Pump			0	0	0
		Gen. Serv. Pump			0	0	0
	S. W. Pump	BB		0	1	0	
		EB		167	98	151	
	Fan	BB		36	34	33	
		EB		36	34	34	
	Fuel Pump			0	1	0	
	Winch	PTO Pump	BB 1		14	20	12
			EB 2		14	20	13
		Pilot Pump			14	20	13
		Oil Cooler			0	0	0
		Water Cooler			0	0	0
	Fuel	TOTAL		7500	7200	8060	
	Water	Potable Water Tk.		3700	3647	2100	
	Oil	AUX	BB		0	0	0
		Hyd.	EB		0	0	0
		MPP	BB		0	0	25
		MPP	EB		0	20	0
		Leme	BB		0	-99	0
		Leme	EB		15	0	0
		AUX	20litros		0	0	0
	Lemes	20litros		0	0	0	

Figura 5-6 – Tabelas com os consumos e médias semanais

### 5.3 Caso de estudo

No Anexo C – Análise de óleos, são apresentados dois resultados da recolha de amostras de óleo em três equipamentos, o Propulsor de BB e as Embraiagens de BB e EB. As amostras foram recolhidas no espaço de dez meses, sendo que no caso do Propulsor de BB, os resultados

das análises indicam que está tudo conforme com o óleo, o que revela bons indicadores de funcionamento deste equipamento.

Na Tabela 5-2 mostram-se os principais resultados das últimas análises de óleo para as embraiagens de BB e EB, com um intervalo de dez meses, onde é visível as horas de serviço, as propriedades físicas e químicas dos óleos e os contaminantes.

Tabela 5-2 – Principais resultados das análises de óleo das Embraiagens

Data da recolha	Embraiagem BB		Embraiagem EB	
	15/10/2022	06/12/2021	15/10/2022	06/12/2021
<b>Lubrificante</b>	Galp Hidroliv SZ 46			
<b>Horas de serviço</b>	4171	2540	4171	2540
<b>Oxidação (A/cm)</b>	2	1	1	1
<b>TAN (mg KOH/g)</b>	0,2	0,12	0,12	0,13
<b>Viscosidade a 40°C (mm<sup>2</sup>/s)</b>	43,8	43,83	41,57	42,91
<b>Teor em água (mg/kg)</b>	119	104	103	104
<b>Sódio [Na] (mg/kg)</b>	1	1	1	1
<b>Silício [Si] (mg/kg)</b>	1	1	0	1
<b>Alumínio [Al] (mg/kg)</b>	0	0	0	0
<b>Crómio [Cr] (mg/kg)</b>	1	0	0	0
<b>Cobre [Cu] (mg/kg)</b>	4	2	2	4
<b>Ferro [Fe] (mg/kg)</b>	145	52	87	76
<b>Níquel [Ni] (mg/kg)</b>	0	0	0	0
<b>Chumbo [Pb] (mg/kg)</b>	3	3	2	4
<b>Estanho [Sn] (mg/kg)</b>	0	0	0	0
<b>PQ Index (Adim)</b>	24	<16	<16	19

Neste caso, os resultados obtidos através das análises do óleo das Embraiagens, revelam uma presença de ferro bastante elevada. Como medida preventiva, o óleo foi substituído imediatamente nos dois equipamentos após estes resultados. Desde então ainda não foram realizadas novas análises ao óleo para se confirmar se a presença de elevados teores de ferro no óleo destes equipamentos ainda persiste, no entanto, as engrenagens e transmissões existentes no seu interior têm sido inspecionadas e não revelavam desgaste ou irregularidades anormais (Figura 5-7).

A Figura 5-7 apresenta o interior da embraiagem através das duas janelas de visita durante uma rotina de inspeção ao seu interior, destacando os principais componentes que asseguram a sua transmissão. Pode-se observar que existe no interior da Embraiagem apenas uma correia metálica responsável pela transmissão de rotação do acoplamento do veio propulsor (retângulo

laranja) para um segundo veio de transmissão auxiliar (retângulo preto) responsável pela bomba de óleo da própria Embraiagem e pela bomba de óleo do Sistema de rotação dos propulsores. Ainda na imagem realçada pelo retângulo laranja é possível observa-se o tambor da embraiagem, que aloja e suporta os discos. No retângulo a vermelho é possível verificar pelas janelas de inspeção os componentes internos do tambor, nomeadamente os discos da embraiagem (círculo amarelo).



*Figura 5-7 –Inspeção ao interior de uma das Embraiagens*

As Embraiagens funcionam com cerca de 120 litros de óleo no seu interior, o que não é uma quantidade muito elevada quando comparada com outros equipamentos marítimos. Assim, em conformidade com o departamento técnico e tendo em conta o plano de manutenção do

fabricante das Embraiagens [37], definiu-se que se substituiria o óleo destes equipamentos anualmente, ficando ainda por definir a data para as futuras recolhas de amostras de óleo.

A empresa tem enfrentado alguma instabilidade no seu departamento técnico, o que de certa forma tem vindo a atrasar a implementação de todas as rotinas no plano de manutenção, dar seguimento a pedidos, e resoluções de trabalhos de manutenção.

A Tabela 5-3 apresenta o plano de manutenção definido pelo fabricante das Embraiagens, onde está apresentada a frequência das tarefas a realizar e quem é o responsável pelas mesmas.

*Tabela 5-3 – Plano de manutenção das embraiagens de acordo com o fabricante [37]*

<b>Frequência</b>	<b>Tarefas</b>	<b>Responsável</b>
<b>Mensal</b>	Verificar e substituir os filtros de óleo se necessário.	Pessoal qualificado de bordo.
<b>Trimestral</b>	Inspeção visual e limpeza do permutador de calor.	Pessoal qualificado de bordo.
<b>Anual</b>	Recolher amostra de óleo e proceder à sua substituição se necessário. Inspeção da correia de transmissão. Inspeção visual aos pratos e discos. Revisão completa. Inspeção aos rolamentos.	Pessoal qualificado de bordo.
<b>Quinquenal</b>	Inspeção da correia de transmissão. Inspeção visual dos vedantes. Inspeção visual da bomba hidráulica. Inspeção visual aos pratos e discos. Inspeção visual das válvulas.	Representante do fabricante.

Como possíveis causas do elevado teor de ferro no óleo das Embraiagens, podem-se propor as seguintes especulações:

- Provavelmente ainda seria o primeiro óleo desde a instalação dos equipamentos a bordo (o óleo ainda não tinha sido substituído desde a data de entrada ao serviço).
- Muitas horas de funcionamento, cerca de 4171 horas.
- É expectável que em equipamentos novos, surjam algumas limalhas de ferro devido ao desgaste inicial dos componentes e órgãos no seu interior.
- A recolha da amostra de óleo foi realizada pela válvula de dreno, no ponto mais baixo do cárter das Embraiagens, o que tende a arrastar materiais depositados no fundo.

Como medidas futuras para correção desta possível anomalia, propõe-se a seguinte abordagem:

- Realização de análises ao óleo com maior frequência, a fim de acompanhar a evolução do desgaste e contaminação do óleo.
- Contacto do fabricante da embraiagem para aconselhamento e intervenção, para a identificação precoce e resolução da causa raiz da anomalia, antes de causar uma falha.
- Instalação de veios magnéticos nos filtros do óleo nestes equipamentos, para captar as limalhas em suspensão no óleo.

## 6. Conclusões e trabalhos futuros

### 6.1 Conclusões

Nesta dissertação, cujo objetivo principal era a elaboração e implementação de um plano geral de manutenção preditiva, preventiva e corretiva em aplicações navais, procurou-se aumentar a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos, traduzindo-se numa redução de tempo e custos de manutenção. Este objetivo foi alcançado através de várias etapas, incluindo a criação de uma lista detalhada de rotinas de manutenção com base nos equipamentos do rebocador Med Antares, assim como a definição dos tipos de manutenção, a listagem dos equipamentos e a descrição dos módulos do *software* de gestão *Helm Connect*.

A lista de rotinas de manutenção foi concebida para os principais equipamentos do rebocador Med Antares e seus similares, podendo ser adaptada a qualquer *software* de gestão e implementada internacionalmente, dado estar redigida em língua inglesa. Para enquadrar o tema, abordou-se uma perspectiva histórica sobre navios, rebocadores e manutenção, demonstrando a evolução das práticas ao longo do tempo. Adicionalmente, detalharam-se as principais características dos equipamentos descritos na lista de manutenção, fornecendo uma compreensão clara dos mesmos.

Na apresentação do *software* de gestão *Helm Connect*, explorou-se a evolução histórica deste tipo de *software*, comparando com algumas soluções similares existentes no mercado e descreveram-se as principais funcionalidades do *Helm*. A aplicação das rotinas de manutenção no *Helm* ainda está em fase de implementação, mas espera-se que esta ferramenta venha a ser bastante eficaz na gestão das atividades de manutenção, maximizando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo os custos operacionais.

O caso de estudo demonstrou que as políticas de manutenção preditiva são essenciais no presente, permitindo prever falhas antes que estas ocorram, minimizando os tempos de inatividade e os custos de reparação. As rotinas de manutenção preventiva também contribuem para prolongar a vida útil dos equipamentos, destacando a importância de uma abordagem integrada e estruturada.

Pode-se concluir que a aplicação das políticas de manutenção, aliadas à tecnologia oferecida por *softwares* de gestão como o *Helm*, podem melhorar a manutenção naval, trazendo benefícios significativos em termos de custos e de segurança operacional. A lista de rotinas de manutenção criada torna o processo mais eficiente, proporcionando uma gestão mais clara e

organizada das tarefas, permitindo prever e planejar intervenções de forma mais eficaz e melhorando a fiabilidade e o desempenho dos equipamentos.

A implementação das rotinas de manutenção no *Helm* representou um avanço significativo em relação às práticas anteriores, que se baseavam no preenchimento manual de tabelas junto aos equipamentos, registando apenas as horas da última manutenção realizada. Este método resultava numa gestão menos estruturada dos recursos e numa menor precisão na previsão das manutenções futuras. Com o *Helm*, todas as atividades de manutenção são agora organizadas e controladas num sistema integrado, que facilita a criação de listas de trabalho específicas, o acompanhamento do progresso das tarefas e o registo detalhado de ações e históricos de manutenção.

Em resumo, os objetivos propostos foram concretizados com sucesso. A integração do plano de manutenção no *Helm* não só atende às necessidades imediatas da empresa, mas também estabelece uma base sólida para melhorias contínuas na gestão da manutenção naval.

### 6.2 Trabalhos futuros

O caso de estudo (capítulo 5.3) abordado nesta dissertação sobre o elevado teor de partículas de ferro presentes no óleo das Embraiagens não se encontra concluído, seria necessário obter mais análises ao óleo, bem como a análise de vibrações e termografia, por forma a chegar-se a uma conclusão sobre se a existência das partículas de ferro no óleo das Embraiagens, poderá estar a levar este equipamento ao início de uma possível falha. Assim, como trabalho futuro, sugeria a continuação e conclusão do controlo de condição das Embraiagens deste rebocador.

Outra proposta de trabalho futuro, seria a pesquisa e estudo de novas tecnologias e técnicas, relacionadas com a AI, para aplicação a rebocadores ou navios, de forma a potencializar ainda mais a manutenção preditiva e a eficiência operacional das unidades.

## Bibliografia

- [1] V. Segrelles, História ilustrada dos barcos, Porto: Livraria civilização, 1984.
- [2] D. Woodyard, Ed., Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines, 8ª ed., Butterworth-Heinemann, 2004.
- [3] A. Ajdin, "Splash247," [Online]. Available: <https://splash247.com/worlds-first-zero-emissions-autonomous-boxship-readies-to-enter-service/>. [Acedido em Agosto 2022].
- [4] J. Trindade, Motores de combustão interna, ENIDH, 2014.
- [5] S. Lang e P. H. Spectre, On the Hawser: A tugboat album, Down east books, 1980.
- [6] M. J. Gaston, The tug book 2nd edition, Haynes Publishing, 2009.
- [7] F. Trojan e R. F. M. Marçal, Sorting maintenance types by multi-criteria analysis to clarify maintenance concepts in POM, 2016.
- [8] B. Bhadury e D. Shenoy, Maintenance resources management, Taylor & Francis, 2005.
- [9] E. Brynjolfsson e A. McAfee, The second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a time of Brilliant Technologies, W W Norton & Company, 2014.
- [10] K. Schwab, A quarta revolução industrial, Edipro, 2019.
- [11] NP EN 13306: 2007, Portugal: Instituto Português da Qualidade, 2007.
- [12] M. Ben-Daya, U. Kumar e D. P. Murthy, Introduction to Maintenance Engineering, Wiley, 2016.
- [13] M. Achouch, M. Dimitrova, K. Ziane, S. S. Karganroudi, R. Dhouib, H. Ibrahim e M. Adda, *On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges*, 12 Agosto 2022.

- [14] P. Poór e J. Basl, *Predictive maintenance as an intelligent service in Industry 4.0*, Janeiro 2019.
- [15] R. K. Mobley, *An introduction to predictive maintenance*, Second Edition, USA: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [16] P. S. d. Almeida, *Manutenção Mecânica Industrial Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada*, Saraiva Educação S.A., 2018.
- [17] J. Moubray, *Reliability-centered Maintenance* 2nd ed., Industrial Press Inc., 1992.
- [18] H. M. Noor, S. A. Mazlan e A. Amrin, *Computerized Maintenance Management System in IR4.0 Adaptation - A State of Implementation Review and Perspective*, 2020.
- [19] P. Klavdianos, “ISM Technical Notice no. 17/2015,” *ISM Code & Planned Maintenance System (PMS)*, 24 Agosto 2015.
- [20] “Helm operations software inc.,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/about/>. [Acedido em Agosto 2023].
- [21] “SpecTec,” [Online]. Available: <https://www.spectec.net/about-us>. [Acedido em Agosto 2023].
- [22] “Sertica,” [Online]. Available: [https://www.sertica.com/about-us/?\\_gl=1\\*4jxfa2\\*\\_up\\*MQ..&gclid=Cj0KCQjwuNemBhCBARIsADp74QTIQKD1QNqsfzNh-etGLIX4dNj\\_XknPBegXfSum9JtetupTVm5BpfAaAqr7EALw\\_wcB](https://www.sertica.com/about-us/?_gl=1*4jxfa2*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjwuNemBhCBARIsADp74QTIQKD1QNqsfzNh-etGLIX4dNj_XknPBegXfSum9JtetupTVm5BpfAaAqr7EALw_wcB). [Acedido em Agosto 2023].
- [23] “SAP,” [Online]. Available: <https://www.sap.com/portugal/about/what-is-sap.html>. [Acedido em Agosto 2023].
- [24] “Oceantiger Software,” [Online]. Available: <https://www.oceantiger-software.com/about.html>. [Acedido em Agosto 2023].
- [25] “BASSnet,” [Online]. Available: <https://www.bassnet.no/about-us/>. [Acedido em Agosto 2023].

- [26] “BASSnet Suite,” [Online]. Available: <https://www.bassnet.no/featured-product-bassnet-suite/>. [Acedido em Agosto 2023].
- [27] SpecTec, AMOS SFI Group System - Product Description.
- [28] “SFI code,” [Online]. Available: <https://spectec.net/sfi-technical-coding-solution/>. [Acedido em Agosto 2023].
- [29] “Administração dos portos de Sines e do Algarve,” [Online]. Available: <https://www.apsinesalgarve.pt/porto-de-sines/o-porto/caracter%C3%ADsticas-gerais/>. [Acedido em Agosto 2023].
- [30] “Administração dos portos de Sines e do Algarve Terminal de Contentores,” [Online]. Available: <https://www.apsinesalgarve.pt/porto-de-sines/o-porto/terminais-portu%C3%A1rios/tcs-terminal-de-contentores-de-sines/>. [Acedido em Agosto 2023].
- [31] Allan, Robert, Ship General Arrangement, Vancouver: Robert Allan, Naval Architects and Marine Engineers, 2019.
- [32] P. Baker, “Maritime Journal,” Setembro 2021. [Online]. Available: <https://www.maritimejournal.com/tugs-and-salvage/medtug-expanding-tug-fleet-for-msc/1462165.article>. [Acedido em 2022].
- [33] “Sanmar News,” [Online]. Available: <https://www.sanmar.com.tr/en/news-media-dl/news/operator-buys-second-sanmar-tug-to-work-at-expanding-portuguese-port>. [Acedido em Novembro 2023].
- [34] FFS, “FFS - Fire Fighting Systems,” [Online]. Available: <https://www.fifisystems.com/news/testing-firefighting-systems-key-practices-for-reliability-in-maritime-operations>. [Acedido em 2024].
- [35] “Helm Operations,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/>. [Acedido em Outubro 2023].

- [36] “Helm Operations Maintenance,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/maintenance/>. [Acedido em Março 2024].
- [37] Ortlinghaus, Operating Instructions TPI A 1690 EN, 2016.
- [38] MTU, Operating Instructions MS150067/02E, 2014.
- [39] MTU, Maintenance Schedule MS50153/00E, 2014.
- [40] Schottel, User Manual SRP 1515 FP no.:1229131, 2018.
- [41] Caterpillar, Operating and Maintenance Manual C4.4 Marine Generator SEBU8607-01, 2013.
- [42] Minimax, Maintenance Schedule CO2-systems on board of ships, pneumatic operated.
- [43] Caterpillar, Operation and Maintenance Manual C32 Marine Auxiliary Engine SEBU7793-03, 2010.
- [44] Atlas Copco, Manual de Instruções LE3 N.: 2919709480, 2011.
- [45] GERTSEN & OLUFSEN, Operation & Maintenance Manual PLANT TYPE BR1850BG-G-BS.
- [46] DMT Marine Equipment, Technical Manual DMT 217097.
- [47] Data Hidrolik, Installation and Service Manual DZC 3300 H Anchor Windlass, 2015.
- [48] Data Hidrolik, Installation and Service Manual DTH 90-135 Towing Hook, 2015.
- [49] Data Hidrolik, Installation and Service Manual DHC 5000 H40 P/P Capstan, 2015.
- [50] “Helm Operations Jobs,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/jobs/>. [Acedido em Março 2024].
- [51] “Helm Operations Compliance,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/compliance/>. [Acedido em Março 2024].

- [52] “Helm Operations Personnel,” [Online]. Available: <https://www.helmoperations.com/personnel/>. [Acedido em Março 2024].
- [53] “SFI group system,” [Online]. Available: <https://www.spectec.net/resources/article/the-sfi-group-system>. [Acedido em Agosto 2023].
- [54] “Oceantiger,” [Online]. Available: <https://www.oceantiger-software.com/training.html>. [Acedido em Agosto 2023].



## Anexos

Anexos.....	89
Anexo A – Rotinas de manutenção .....	91
Máquina de BB [38] [39] .....	91
Máquina de EB [38] [39] .....	95
Embraiagem BB [37] .....	100
Embraiagem EB [37].....	101
Propulsor BB [40] .....	102
Propulsor EB [40].....	104
Sistema de rotação do propulsor BB [40] .....	106
Sistema de rotação do propulsor EB [40].....	106
Gerador Auxiliar de BB [41].....	107
Gerador auxiliar de EB [41] .....	108
Sistema de CO <sub>2</sub> [42] .....	110
Sistema FiFi [43].....	111
Compressor de ar superior [44].....	113
Compressor de ar inferior [44] .....	114
Estação de tratamento de águas residuais [45].....	114
Guincho de manobra [46].....	115
Sistema de âncoras [47].....	116
Gato de reboque [48].....	116
Cabrestante da popa [49].....	117
Anexo B – <i>Software Helm Connect</i> .....	119
<i>Helm Connect Operações</i> .....	119
<i>Helm Connect Conformidade e Auditorias</i> .....	122

<i>Helm Connect Tripulações</i> .....	125
Anexo C – Análise de óleos .....	129
Propulsor de BB .....	129
Embraiagem de BB .....	130
Embraiagem de EB.....	131

## Anexo A – Rotinas de manutenção

Máquina de BB [38] [39]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
500h	PS ME Cent. Oil filter	Check thickness of oil residue layer. Clean. Fit new sleeve, at the latest, each time the engine oil is changed. W1009	713.013.001
500h	PS ME Oil filter	Fit new engine oil filters each time the engine oil is changed or, at the latest, on expiry of the time limit 500h.W1008	713.006.001
1000h	PS ME Engine mounts	Carry out visual inspection of engine mounts for general condition. W1463	601.001
1000h	PS ME Oil change	Change the oil when interval happens or when oil analysis recommends. W0500	601.001
1000h	PS ME Fuel Filter	Fit new fuel filter or new fuel filter insert. W1001	703.026.001
1000h	PS ME Fuel pre Filter	Fit new fuel prefilter or new fuel prefilter insert. W1675	703.009.001
3000h	PS ME Valve gear	Check valve clearance, adjust if required. ATTENTION! Initial adjustment after 1,000 operating hours and subsequently 1,000 operating hours after each cylinder-head overhaul. W1207	601.001
3000h	PS ME Turbochargers	Clean compressor wheel. W1076	601.053
3000h	PS ME Air filters	Fit new air filters. W1005	601.051
6000h	PS ME Crank. Breathers	Replace impactor. W1581	601.018
6000h	PS ME Battery charging alternator	Check condition of coupling. W1016	601.001
6000h	PS ME Fuel injectors	Replace fuel injectors. W1006	601.026
6000h	PS ME Governor	Injector: reset drift compensation parameters (CDC). W1713	601.069
6000h	PS ME Combustion Chambers	Inspect cylinder chambers using endoscope. W1011	601.003
12000h	PS ME Mounts	Check buffer clearance of resilient mounts Check proper seating of securing screws. W1026	601.062

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
12000h	PS ME Rubber sleeves	Replace all rubber sleeves. W1250	601.063
12000h	PS ME Cylinder heads	Overhaul cylinder heads. Visually inspect piston crowns and wear pattern on cylinder liner running surfaces. W1063	601.003
12000h	PS ME Component Maintenance	Before starting maintenance work, carry out test run and record operating parameters. Then drain coolant and flush cooling systems. W2012	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Inspect rocker arms and valve bridge for wear. Insert an endoscope through the pushrod bore to visually inspect swing followers and camshaft running surfaces. W2001	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Clean air ducting. W2002	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Clean intercooler and inspect for leakage. W2003	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Fit new high-pressure fuel sensor. W2004	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Check engine coolant thermostat and fit new thermal actuator. W2006	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Inspect centrifugal oil filter for wear. W2009	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Overhaul starter. W2010	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Clean engine coolant cooler and inspect it for leaks. W2017	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Clean engine oil cooler and inspect it for leaks. W2018	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Check operation of diverter valve. W2021	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Fit new seals/sealing materials for all disassembled components. W2062	601.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
12000h	PS ME Component Maintenance	Overhaul engine coolant pump. W2110	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Overhaul raw-water pump. W2111	601.001
12000h	PS ME Component Maintenance	Overhaul low temperature pump.	601.001
12000h	PS ME Turbochargers	Overhaul turbochargers. W1038	601.053
12000h	PS ME HP fuel pump	Fit new high-pressure fuel pump. W1058	601.026
24000h	PS ME Preheater/ jacket water heater	Overhaul preheater / jacket water heater. W1477	601.001
24000h	PS ME Hose lines	Replace all hose lines. W1251	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Completely disassemble the engine. Inspect engine components as per assembly instructions and repair or fit new components as required. W3000	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Replace all elastomeric parts and seals with new ones. W3001	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new piston rings. W3002	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new conrod bearings. W3003	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new crankshaft bearings. W3004	601.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new cylinder liners. W3005	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new fuel delivery pump. W3010	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new actuating cylinders for air flow control flaps. W3011	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new actuator cylinders for exhaust flaps. W3012	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new exhaust flap bearings. W3013	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new camshaft bearings and camshaft thrust bearings. W3018	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new pressure relief valve in high-pressure fuel system. W3021	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Overhaul battery-charging generator. W3042	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Check gear train for cracks, replace bushings, check axles and replace if necessary. W3063	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new engine oil pump. W3073	601.001

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Fit new rubber elements of engine mounts. W3100	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Replace swing followers and swing-follower shafts. W3103	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Replace oil replenishment pump. W3106	601.001
24000h	PS ME Extended component Maintenance	Check vibration damper, fit new one if necessary. W3108	601.001
24000h	PS ME Elastomer Coupling (main PTO)	Fit new elastomer components. W1544	601.063
24000h	PS ME Turbochargers	Fit new turbine wheels for turbochargers. W1485	601.053
24000h	PS ME Engine mounts	Fit new engine mounts. W1464	601.062
24000h	PS ME Preheater/jacket water heater	Replace circulating pump. W1476	601.001
48000h	PS ME Turbochargers	Fit new aluminum compressor wheels on secondary turbochargers. W1493	601.053

Máquina de EB [38] [39]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
500h	SB ME Cent. Oil filter	Check thickness of oil residue layer. Clean. Fit new sleeve, at the latest, each time the engine oil is changed. W1009	713.013.002

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
500h	SB ME Oil filter	Fit new engine oil filters each time the engine oil is changed or, at the latest, on expiry of the time limit 500h.W1008	713.006.002
1000h	SB ME Engine mounts	Carry out visual inspection of engine mounts for general condition. W1463	602.001
1000h	SB ME Oil change	Change the oil when interval happens or when oil analysis recommends. W0500	602.001
1000h	SB ME Fuel Filter	Fit new fuel filter or new fuel filter insert. W1001	703.026.002
1000h	SB ME Fuel pre Filter	Fit new fuel prefilter or new fuel prefilter insert. W1675	703.009.002
3000h	SB ME Valve gear	Check valve clearance, adjust if required. ATTENTION! Initial adjustment after 1,000 operating hours and subsequently 1,000 operating hours after each cylinder-head overhaul. W1207	602.001
3000h	SB ME Turbochargers	Clean compressor wheel. W1076	602.053
3000h	SB ME Air filters	Fit new air filters. W1005	602.051
6000h	SB ME Crankcase Breathers	Replace impactor. W1581	602.018
6000h	SB ME Battery charging alternator	Check condition of coupling. W1016	602.001
6000h	SB ME Fuel injectors	Replace fuel injectors. W1006	602.026
6000h	SB ME Governor	Injector: reset drift compensation parameters (CDC). W1713	602.069
6000h	SB ME Combustion Chambers	Inspect cylinder chambers using endoscope. W1011	602.003
12000h	SB ME Mounts	Check buffer clearance of resilient mounts Check proper seating of securing screws. W1026	602.062
12000h	SB ME Rubber sleeves	Replace all rubber sleeves. W1250	602.063
12000h	SB ME Cylinder heads	Overhaul cylinder heads. Visually inspect piston crowns and wear pattern on cylinder liner running surfaces. W1063	602.003
12000h	SB ME Component Maintenance	Before starting maintenance work, carry out test run and record operating parameters. Then drain coolant and flush cooling systems. W2012	602.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
12000h	SB ME Component Maintenance	Inspect rocker arms and valve bridge for wear. Insert na endoscope through the pushrod bore to visually inspect swing followers and camshaft running surfaces. W2001	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Clean air ducting. W2002	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Clean intercooler and inspect for leakage. W2003	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Fit new high-pressure fuel sensor. W2004	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Check engine coolant thermostat and fit new thermal actuator. W2006	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Inspect centrifugal oil filter for wear. W2009	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Overhaul starter. W2010	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Clean engine coolant cooler and inspect it for leaks. W2017	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Clean engine oil cooler and inspect it for leaks. W2018	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Check operation of diverter valve. W2021	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Fit new seals/sealing materials for all disassembled components. W2062	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Overhaul engine coolant pump. W2110	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Overhaul raw-water pump. W2111	602.001
12000h	SB ME Component Maintenance	Overhaul low temperature pump.	602.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
12000h	SB ME Turbochargers	Overhaul turbochargers. W1038	602.053
12000h	SB ME HP fuel pump	Fit new high-pressure fuel pump. W1058	602.026
24000h	SB ME Preheater/ jacket water heater	Overhaul preheater / jacket water heater. W1477	602.001
24000h	SB ME Hose lines	Replace all hose lines. W1251	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Completely disassemble the engine. Inspect engine components as per assembly instructions and repair or fit new components as required. W3000	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Replace all elastomeric parts and seals with new ones. W3001	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new piston rings. W3002	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new conrod bearings. W3003	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new crankshaft bearings. W3004	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new cylinder liners. W3005	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new fuel delivery pump. W3010	602.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new actuating cylinders for air flow control flaps. W3011	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new actuator cylinders for exhaust flaps. W3012	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new exhaust flap bearings. W3013	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new camshaft bearings and camshaft thrust bearings. W3018	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new pressure relief valve in high-pressure fuel system. W3021	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Overhaul battery-charging generator. W3042	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Check gear train for cracks, replace bushings, check axles and replace if necessary. W3063	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new engine oil pump. W3073	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Fit new rubber elements of engine mounts. W3100	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Replace swing followers and swing-follower shafts. W3103	602.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Replace oil replenishment pump. W3106	602.001
24000h	SB ME Extended component Maintenance	Check vibration damper, fit new one if necessary. W3108	602.001
24000h	SB ME Elastomer Coupling (main PTO)	Fit new elastomer components. W1544	602.063
24000h	SB ME Turbochargers	Fit new turbine wheels for turbochargers. W1485	602.053
24000h	SB ME Engine mounts	Fit new engine mounts. W1464	602.062
24000h	SB ME Preheater/jacket water heater	Replace circulating pump. W1476	602.001
48000h	SB ME Turbochargers	Fit new aluminum compressor wheels on secondary turbochargers. W1493	602.053

## Embraiagem BB [37]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	PS Clutch Filter	Checking and replace the filters when indicated (Chap. 8.8, pag. 94)	637.026
6m	PS Clutch Oil-water heat exchanger	Cleaning and visually inspection the oil/water heat exchanger (Chap. 8.11, pag. 100)	637.026
1y	PS Clutch Oil sample	Take an oil sample - clutch (Chap. 9.24, pag. 22). Change oil when recommends (Chap. 8.12, pag. 108)	637.026
1y	PS Clutch Tooth chain	Inspection of sprocket chain (Chap. 8.4, pag. 89)	637.026
1y	PS Clutch Plates/discs	Visual inspections of plates/discs (Chap. 8.6, pag. 91)	637.026

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
5y	PS Clutch Overhaull	Complete overhaull by manufacturer service (Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch Roller bearings	Inspection of rolling bearings by manufacturer service (Chap. 8.5, pag. 90; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch Tooth chain	Inspection of sprocket chain by manufacturer service (Chap. 8.4, pag. 89; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch Seals/ gaskets	Visual inspections of seals/ gaskets by manufacturer service (Chap. 8.7, pag. 92; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch Hydraulic pump	Visual inspections of hydraulic pump by manufacturer service (Chap. 8.9, pag. 99; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch Plates/discs	Visual inspections of plates/discs by manufacturer service (Chap. 8.6, pag. 91; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	PS Clutch valves	Visual inspection of valves by manufacturer service (Chap. 8.10, pag. 99; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026

## Embraiagem EB [37]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	SB Clutch Filter	Checking and replace the filters when indicated (Chap. 8.8, pag. 94)	637.026
6m	SB Clutch Oil-water heat exchanger	Cleaning and visually inspection the oil/water heat exchanger (Chap. 8.11, pag. 100)	637.026
1y	SB Clutch Oil sample	Take an oil sample - clutch (Chap. 9.24, pag. 22). Change oil when recommends (Chap. 8.12, pag. 108)	637.026
1y	SB Clutch Tooth chain	Inspection of sprocket chain (Chap. 8.4, pag. 89)	637.026
1y	SB Clutch Plates/discs	Visual inspections of plates/discs (Chap. 8.6, pag. 91)	637.026
5y	SB Clutch Overhaull	Complete overhaull by manufacturer service (Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	SB Clutch Roller bearings	Inspection of rolling bearings by manufacturer service (Chap. 8.5, pag. 90; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
5y	SB Clutch Tooth chain	Inspection of sprocket chain by manufacturer service (Chap. 8.4, pag. 89; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	SB Clutch Seals/ gaskets	Visual inspections of seals/ gaskets by manufacturer service (Chap. 8.7, pag. 92; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	SB Clutch Hydraulic pump	Visual inspections of hydraulic pump by manufacturer service (Chap. 8.9, pag. 99; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	SB Clutch Plates/discs	Visual inspections of plates/discs by manufacturer service (Chap. 8.6, pag. 91; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026
5y	SB Clutch valves	Visual inspection of valves by manufacturer service (Chap. 8.10, pag. 99; Chap. 8.13, pag. 110)	637.026

## Propulsor BB [40]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1w	PS ASD Inspection	External visual inspection - above water assemblies (Chap. 9.3, pag. 18)	635.003.001
1w	PS ASD Heat exchanger	Visual inspection for leakages and damages - heat exchanger (Chap.9.47, pag. 44)	635.003.001
1m	PS ASD Control box	Checking the filter mats - switch cabinet (Chap. 9,25, pag. 22)	635.003.001
3m	PS ASD Heat exchanger	Inspecting and cleaning the tube side and shell and galvanic protection - heat exchanger (Chap.9.43,9.44,9.45, pag.42)	635.003.001
3m	PS ASD Oil sample	Taking a lubrication oil sample - propulsion unit (Chap. 9.59, pag.54). Change oil when recommends (Chap. 9.60, pag. 55)	635.003.001
3m	PS ASD Shaft screw/bolts	Checking the screw and bolt connections - shaft line (Chap. 9.61, pag.62)	635.003.001
3m	PS ASD Shaft bearings	Bearings should be re-greased as the shaft rotates. Using a hand held grease gun, 2 shots (4ml) approximately every 200 to 400 operating hours. (Power transmission book)	635.003.001
6m	PS ASD Oil pump	Checking the operation data - lubrication oil pump (Chap.9.56, pag.49)	635.003.001
6m	PS ASD Shaft alig.	Checking the alignment - composite shaft (Chap. 9.63, pag. 62)	635.003.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
6m	PS ASD Bulkhead seal	Checking the radial movability of the seals - bulkhead seal (Chap. 9.64, pag. 62)	635.003.001
6m	PS ASD Bulkhead seal	Checking the coil spring for damage - bulkhead seal (Chap. 9.65, pag. 62)	635.003.001
6m	PS ASD Shaft insp.	Visual inspection for surface defects - composite shaft (Chap. 9.66, pag. 63)	635.003.001
6m	PS ASD Leacon tk.	Check the external condition. (Pag. 82, Gen. Info & inst.)	635.003.001
6m	PS ASD Leacon tk.	Check the oil level. (Pag. 83, Gen. Info & inst.)	635.003.001
6m	PS ASD Leacon tk.	Check terminal box desiccant. (Pag. 84, Gen. Info & inst.)	635.003.001
1y	PS ASD Screws and bolts	Checking the screw and bolt connections (Chap. 9.76, pag. 67)	635.003.001
1y	PS ASD Oil filter	Replacing a lubrication oil filter element - propulsion unit (Chap. 9.52, pag. 45)	635.003.001
1y	PS ASD Oil pump	Visual inspection of bearings, gear sets and seals - lubrication oil pump (Chap.9.55, pag.49)	635.003.001
1y	PS ASD Dive insp.	Dive inspections - underwater area (Chap. 9.72, pag. 64)	635.003.001
1y	PS ASD Leacon tk.	Replace terminal box desiccant. (Pag. 85, Gen. Info & inst.)	635.003.001
5y	PS ASD Connections	Checking the cable connections (Chap. 9.75, pag. 67)	635.003.001
5y	PS ASD Control box	Cleaning the switch cabinet (Chap. 9.26, pag. 23)	635.003.001
5y	PS ASD Seals	Replacing the seals - above water assemblies (Chap. 9.4, pag. 18)	635.003.001
5y	PS ASD hoses	Replacing the hose lines- lubrication oil system (Chap. 9.46, pag. 43)	635.003.001
5y	PS ASD External insp.	External visual inspection - underwater assemblies (Chap.9.73, pag. 66)	635.003.001
5y	PS ASD Anodes	Replacing the anodes - underwater assemblies (Chap.9.67, pag. 63)	635.003.001
5y	PS ASD Seals	Replacing the seals - underwater assemblies (Chap. 9.68, pag. 63)	635.003.001
5y	PS ASD Cleaning	Cleaning - underwater assemblies (Chap. 9.70, pag.63)	635.003.001
10y	PS ASD Gears	Visual inspection of the bevel gears - above water assemblies (Chap. 9.6, pag. 18)	635.003.001
10y	PS ASD Gears	Visual inspection of the bevel gears - underwater assemblies (Chap. 9.71, pag.64)	635.003.001
10y	PS ASD Shaft alig.	Checking the alignment - shaft line (Chap.9.62, pag. 62)	635.003.001
15y	PS ASD Overhaull	Complete overhaull - entire propulsion system (Chap. 9.74, pag. 66)	635.003.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
15y	PS ASD Tooth	Checking the contact pattern and tooth backlash - above water assemblies (Chap. 9.5, pag. 18)	635.003.001
15y	PS ASD Tooth	Checking the contact pattern and tooth backlash - underwater assemblies (Chap. 9.69, pag. 63)	635.003.001

Propulsor EB [40]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1w	SB ASD Inspection	External visual inspection - above water assemblies (Chap. 9.3, pag. 18)	635.003.002
1w	SB ASD Heat exchanger	Visual inspection for leakages and damages - heat exchanger (Chap.9.47, pag. 44)	635.003.002
1m	SB ASD Control box	Checking the filter mats - switch cabinet (Chap. 9,25, pag. 22)	635.003.002
3m	SB ASD Heat exchanger	Inspecting and cleaning the tube side and shell and galvanic protection - heat exchanger (Chap.9.43,9.44,9.45, pag.42)	635.003.002
3m	SB ASD Oil sample	Taking a lubrication oil sample - propulsion unit (Chap. 9.59, pag.54). Change oil when recommends (Chap. 9.60, pag. 55)	635.003.002
3m	SB ASD Shaft screw/bolts	Checking the screw and bolt connections - shaft line (Chap. 9.61, pag.62)	635.003.002
3m	SB ASD Shaft bearings	Bearings should be re-greased as the shaft rotates. Using a hand held grease gun, 2 shots (4ml) approximately every 200 to 400 operating hours. (Power transmission book)	635.003.002
6m	SB ASD Oil pump	Checking the operation data - lubrication oil pump (Chap.9.56, pag.49)	635.003.002
6m	SB ASD Shaft alig.	Checking the alignment - composite shaft (Chap. 9.63, pag. 62)	635.003.002
6m	SB ASD Bulkhead seal	Checking the radial movability of the seals - bulkhead seal (Chap. 9.64, pag. 62)	635.003.002
6m	SB ASD Bulkhead seal	Checking the coil spring for damage - bulkhead seal (Chap. 9.65, pag. 62)	635.003.002
6m	SB ASD Shaft insp.	Visual inspection for surface defects - composite shaft (Chap. 9.66, pag. 63)	635.003.002
6m	SB ASD Leacon tk.	Check the external condition. (Pag. 82, Gen. Info & inst.)	635.003.002
6m	SB ASD Leacon tk.	Check the oil level. (Pag. 83, Gen. Info & inst.)	635.003.002

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
6m	SB ASD Leacon tk.	Check terminal box desiccant. (Pag. 84, Gen. Info & inst.)	635.003.002
1y	SB ASD Screws and bolts	Checking the screw and bolt connections (Chap. 9.76, pag. 67)	635.003.002
1y	SB ASD Oil filter	Replacing a lubrication oil filter element - propulsion unit (Chap. 9.52, pag. 45)	635.003.002
1y	SB ASD Oil pump	Visual inspection of bearings, gear sets and seals - lubrication oil pump (Chap.9.55, pag.49)	635.003.002
1y	SB ASD Dive insp.	Dive inspections - underwater area (Chap. 9.72, pag. 64)	635.003.002
1y	SB ASD Leacon tk.	Replace terminal box desiccant. (Pag. 85, Gen. Info & inst.)	635.003.002
5y	SB ASD hoses	Replacing the hose lines- lubrication oil system (Chap. 9.46, pag. 43)	635.003.002
5y	SB ASD Connections	Checking the cable connections (Chap. 9.75, pag. 67)	635.003.002
5y	SB ASD Control box	Cleaning the switch cabinet (Chap. 9.26, pag. 23)	635.003.002
5y	SB ASD Seals	Replacing the seals - above water assemblies (Chap. 9.4, pag. 18)	635.003.002
5y	SB ASD External insp.	External visual inspection - underwater assemblies (Chap.9.73, pag. 66)	635.003.002
5y	SB ASD Anodes	Replacing the anodes - underwater assemblies (Chap.9.67, pag. 63)	635.003.002
5y	SB ASD Seals	Replacing the seals - underwater assemblies (Chap. 9.68, pag. 63)	635.003.002
5y	SB ASD Cleaning	Cleaning - underwater assemblies (Chap. 9.70, pag.63)	635.003.002
10y	SB ASD Gears	Visual inspection of the bevel gears - above water assemblies (Chap. 9.6, pag. 18)	635.003.002
10y	SB ASD Gears	Visual inspection of the bevel gears - underwater assemblies (Chap. 9.71, pag.64)	635.003.002
10y	SB ASD Shaft alig.	Checking the alignment - shaft line (Chap.9.62, pag. 62)	635.003.002
15y	SB ASD Overhaull	Complete overhaull - entire propulsion system (Chap. 9.74, pag. 66)	635.003.002
15y	SB ASD Tooth	Checking the contact pattern and tooth backlash - above water assemblies (Chap. 9.5, pag. 18)	635.003.002
15y	SB ASD Tooth	Checking the contact pattern and tooth backlash - underwater assemblies (Chap. 9.69, pag. 63)	635.003.002

Sistema de rotação do propulsor BB [40]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1w	PS Steering Leakages	Visual inspection for leakages and damages - heat exchanger (Chap. 9.35, pag. 30) and hydraulic system (Chap. 9.30, pag. 28)	635.003.001
3m	PS Steering Oil sample	Taking a hydraulic oil Sample - thrust direction unit (Chap. 9.37, pag. 31). Change oil when recommends (Chap. 9.40, pag. 35)	635.003.001
3m	PS Steering Heat exch.	Inspecting and cleaning the tube side and shell and galvanic protection - heat exchanger (Chap. 9.31, 9.32, 9.33, pag.29)	635.003.001
3m	PS Steering Motor	Checking the lubricant oil level - planetary steering gear unit (Chap. 9.42, pag. 41)	635.003.001
6m	PS Steering pump	Checking the operation data - lubrication oil pump (Chap. 9.51, pag.45)	635.003.001
1y	PS Steering Test	Functional test - hydraulic system (Chap. 9.29, pag. 27)	635.003.001
1y	PS Steering Oil filter	Replacing the hydraulic oil filter element - thrust direction unit (Chap. 9.27, pag. 24)	635.003.001
1y	PS Steering Pump	Visual inspections of bearings, gear sets and seals - lubrication oil pump (Chap.9.50, pag. 45)	635.003.001
1y	PS Steering Motor	Changing the lubrication oil - planetary steering gear unit (Chap. 9.41, pag 38)	635.003.001
5y	PS Steering Hoses	Replacing the hose lines - hydraulic system (Chap. 9.28, pag. 25)	635.003.001

Sistema de rotação do propulsor EB [40]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1w	SB Steering Leakages	Visual inspection for leakages and damages - heat exchanger (Chap. 9.35, pag. 30) and hydraulic system (Chap. 9.30, pag. 28)	635.003.002
3m	SB Steering Oil sample	Taking a hydraulic oil Sample - thrust direction unit (Chap. 9.37, pag. 31). Change oil when recommends (Chap. 9.40, pag. 35)	635.003.002
3m	SB Steering Heat exch.	Inspecting and cleaning the tube side and shell and galvanic protection - heat exchanger (Chap. 9.31, 9.32, 9.33, pag.29)	635.003.002
3m	SB Steering Motor	Checking the lubricant oil level - planetary steering gear unit (Chap. 9.42, pag. 41)	635.003.002
6m	SB Steering pump	Checking the operation data - lubrication oil pump (Chap. 9.51, pag.45)	635.003.002
1y	SB Steering Test	Functional test - hydraulic system (Chap. 9.29, pag. 27)	635.003.002
1y	SB Steering Oil filter	Replacing the hydraulic oil filter element - thrust direction unit (Chap. 9.27, pag. 24)	635.003.002

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1y	SB Steering Pump	Visual inspections of bearings, gear sets and seals - lubrication oil pump (Chap.9.50, pag. 45)	635.003.002
1y	SB Steering Motor	Changing the lubrication oil - planetary steering gear unit (Chap. 9.41, pag 38)	635.003.002
5y	SB Steering Hoses	Replacing the hose lines - hydraulic system (Chap. 9.28, pag. 25)	635.003.002

#### Gerador Auxiliar de BB [41]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
250h	PS AE Coolant sample	Coolant sample (Pag. 105 manual)	651.048
250h	PS AE Oil sample	Engine oil sample (Pag. 115 manual)	651.036
500h	PS AE Oil	Engine oil change (Pag. 120 manual)	651.036
500h	PS AE Coolant test	Test cooling system (Pag. 107 manual)	651.048
500h	PS AE W. Pumps	Aux water pumps - inspect (Pag. 97, 98 manual)	651.048
500h	PS AE Battery	Battery electrolyte level - check (Pag. 99 manual)	651.065
500h	PS AE Air filter	Engine air cleaner element (dual element) - inspect/clean/replace (Pag. 109 manual)	651.051
500h	PS AE Breather	Engine crankcase breather element - Replace (Pag. 113 manual)	651.018
500h	PS AE Eng. Mounts	Engine mounts - Inspect (ag. 114 manual)	651.001
500h	PS AE Oil filter	Engine oil filter - Replace (Pag. 120 manual)	651.046
500h	PS AE Fuel prim. Filter	Fuel system primary filter element - Replace (Pag. 126 manual)	651.034
500h	PS AE Fuel sec. Filter	Fuel system secondary filter element - Replace (Pag. 127 manual)	651.034
500h	PS AE Heat exchanger	Heat exchanger - Inspect/clean (Pag. 139 manual)	651.048
500h	PS AE Hoses	Hoses and clamps - Inspect/Replace (Pag. 139 manual)	651.001
1000h	PS AE Valve lash	Engine valve lash - Check (Adm-0,20mm; Exh-0,45mm) (Pag. 123 manual)	651.002
1000h	PS AE Speed sensor	Engine speed/timmming sensor - Clean/inspect (Pag. 123 manual)	651.065
1000h	PS AE Battery	Battery charger - Check (Pag. 99 manual)	651.065

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
2000h	PS AE Alternator	Alternator - Inspect (Pag. 97 manual)	651.075
2000h	PS AE Cool. Temp. regulator	Coolant temperature regulator - Replace (Pag. 106 manual)	651.069
2000h	PS AE Generator	Generator - Inspect (Pag. 131 manual)	651.075
2000h	PS AE Generator vibr.	Generator set vibration - Inspect (Pag. 134 manual)	651.001
2000h	PS AE Rot. Rectifier	Rotating rectifier - Check (Pag. 143 manual)	651.075
2000h	PS AE Start. Motor	Starting motor - Inspect (Pag. 147 manual)	651.065
2000h	PS AE Turbocharger	Turbocharger - Inspect (Pag. 147 manual)	651.053
3000h	PS AE Protec. Devices	Engine protective devices - Check (Pag. 122 manual)	651.068
8000h	PS AE Breather	Engine crankcase breather - Replace (Pag. 113 manual)	651.018
12000h	PS AE Overhaul	Overhaul considerations (manufacturer service) (Pag. 140 manual)	651.001
12000h	PS AE Coolant	Coolant (ELC) - Change (Pag. 101 manual)	651.048

## Gerador auxiliar de EB [41]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
250h	SB AE Coolant sample	Coolant sample (Pag. 105 manual)	652.048
250h	SB AE Oil sample	Engine oil sample (Pag. 115 manual)	652.036
250h	SB AE Oil	Engine oil change (Pag. 120 manual)	652.036
500h	SB AE Coolant test	Test cooling system (Pag. 107 manual)	652.048
500h	SB AE W. Pumps	Aux water pumps - inspect (Pag. 97, 98 manual)	652.048
500h	SB AE Battery	Battery electrolyte level - check (Pag. 99 manual)	652.065
500h	SB AE Air filter	Engine air cleaner element (dual element) - inspect/clean/replace (Pag. 109 manual)	652.051
500h	SB AE Breather	Engine crankcase breather element - Replace (Pag. 113 manual)	652.018
500h	SB AE Eng. Mounts	Engine mounts - Inspect (ag. 114 manual)	652.001
500h	SB AE Oil filter	Engine oil filter - Replace (Pag. 120 manual)	652.046

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
500h	SB AE Fuel prim. Filter	Fuel system primary filter element - Replace (Pag. 126 manual)	652.034
500h	SB AE Fuel sec. Filter	Fuel system secondary filter element - Replace (Pag. 127 manual)	652.034
500h	SB AE Heat exchanger	Heat exchanger - Inspect/clean (Pag. 139 manual)	652.048
500h	SB AE Hoses	Hoses and clamps - Inspect/Replace (Pag. 139 manual)	652.001
1000h	SB AE Valve lash	Engine valve lash - Check (Adm-0,20mm; Exh-0,45mm) (Pag. 123 manual)	652.002
1000h	SB AE Speed sensor	Engine speed/timiming sensor - Clean/inspect (Pag. 123 manual)	652.065
1000h	SB AE Battery	Battery charger - Check (Pag. 99 manual)	652.065
2000h	SB AE Alternator	Alternator - Inspect (Pag. 97 manual)	652.075
2000h	SB AE Cool. Temp. regulator	Coolant temperature regulator - Replace (Pag. 106 manual)	652.069
2000h	SB AE Generator	Generator - Inspect (Pag. 131 manual)	652.075
2000h	SB AE Generator vibr.	Generator set vibration - Inspect (Pag. 134 manual)	652.001
2000h	SB AE Rot. Rectifier	Rotating rectifier - Check (Pag. 143 manual)	652.075
2000h	SB AE Start. Motor	Starting motor - Inspect (Pag. 147 manual)	652.065
2000h	SB AE Turbocharger	Turbocharger - Inspect (Pag. 147 manual)	652.053
3000h	SB AE Protec. Devices	Engine protective devices - Check (Pag. 122 manual)	652.068
8000h	SB AE Breather	Engine crankcase breather - Replace (Pag. 113 manual)	652.018
12000h	SB AE Overhaul	Overhaul considerations (manufacturer service) (Pag. 140 manual)	652.001
12000h	SB AE Coolant	Coolant (ELC) - Change (Pag. 101 manual)	652.048

Sistema de CO<sub>2</sub> [42]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check the green and yellow plate on the cylinder valve(s). If it is not present, the burst disc has collapsed, because of a too high pressure in the cylinder. The CO <sub>2</sub> -cylinder is now empty.	815.001
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check whether all operating organs are in their correct position.	815.001
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check fastening of the cylinder erection.	815.001
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check whether the door of the CO <sub>2</sub> -room and the CO <sub>2</sub> -operating box are free from obstacles.	815.001
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check whether the manifold (high pressure part) is pressure less by reading off the pressure gauge.	815.001
1w	CO <sub>2</sub> Plant	Check the pressure of the pilot cylinders. A pressure loss of max. 10% is allowed.	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	When opening the CO <sub>2</sub> -operating box, check the functioning of the alarm in the protected space and whether the ventilation is switched off (if required).	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	Check the function of the main valve and/or section valves.	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	Check the nozzles for any damage and for free discharge.	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	Check the piping for any damage (notably in case of hold protection).	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	Check operating of self-closing lockings.	815.001
1m	CO <sub>2</sub> Plant	Check the liquid level of the pneumatic time delay (if present).	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	This inspection shall be carried out by a qualified and approved service agency.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Disconnect CO <sub>2</sub> -cylinders from the hoses and blind off the cylinder valves.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Visual inspection of the whole system.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the CO <sub>2</sub> cylinders for their correctfilling weight by means of the level measurement and / or weighing (max. Weight loss 5%).	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the function of the pneumatic activatim of the main and/or section valves. By activating acc. to operation instructions. Afterwards the main valve shall be closed.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the function of the pneumatic activation of the cylinder valves. Afterwards the cylinder valves shall be closed. The CO <sub>2</sub> in the valves can be released by carefully unscrewing the leakage.protection caps. Check the cylinder valves on	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the hoses for ageing (cracks).	815.001

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Fill the manifold with CO <sub>2</sub> (1 25 bar) from a CO <sub>2</sub> -test cylinder (main valve and/or section valves are closed!). Close and disconnect the CO <sub>2</sub> -test cylinder. Check thread connections on leakage, check functioning of pressure gauge.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Blow the CO <sub>2</sub> -piping through using the CO <sub>2</sub> inthe manifold or air with a pressure of min. 20 bar.	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check delay time of pneumatic time delay if (present).	815.001
1y	CO <sub>2</sub> Plant	Check functioning of pilot vent(s). Yearlychecks and findings must be noted in ship's log.	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	This inspection shall be carried out by a qualified and approved service agency with a surveyor of the inspection agency.	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the adjustment of the safety valve (120bar).	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the tightness of the manifold with CO <sub>2</sub> -gas from a test cylinder (+ 25 bar).	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	Check the medium and low pressure part of the CO <sub>2</sub> -pipe system with CO <sub>2</sub> -gas from a test cylinder (+ 25 bar).	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	Disconnect the pilot piping from the CO <sub>2</sub> -cylinder battery and the main and/or section valves. Pressure test the pilot piping at a pressure of 150 bar.	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	10 % of the number of cylinders present mustbe re-approved every 10 year.	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	Check report in accordance with model ofinspection agency.	815.001
10y	CO <sub>2</sub> Plant	10-yearly checks and findings must be noted inship's log.	815.001
<b>Sistema FiFi [43]</b>			
INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1m	FiFi Test	Test FiFi system during 30 minutes	155.050
1m	FiFi Motor condensate	Aftercooler condensate drain valve - inspect/clean (Pag. 67 manual)	814.001
1m	FiFi Motor Corrosion protec.	Engine cooling system corrosion protection system - inspect (Pag. 81 manual)	814.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	FiFi Motor Sea water strainer	Sea water strainer - inspect/clean (Pag. 109 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Battery	Battery electrolyte level - check (Pag. 85 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Belts	Belts - inspect/adjust/replace (Pag. 86 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Coolant sample	Coolant sample (level 1) - obtain (Pag. 93 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Coolant system	Coolant system supplemental coolant additive (SCA) - Test/add (Pag. 94 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Oil sample	Engine oil sample - obtain (Change oil and filter if required) (Pag. 103 manual)	814.001
250h	FiFi Motor Hoses	Hoses and clamps - Inspect/Replace (Pag. 119 manual)	814.001
500h	FiFi Motor Breather	Engine crankcase breather - clean (Pag. 101 manual)	814.001
500h	FiFi Motor Oil and Filter	Engine Oil and Filter - Change (Pag. 104 manual)	814.001
500h	FiFi Motor Fuel prim. Filter	Fuel system primary filter element - Replace (Pag. 109 manual)	814.001
500h	FiFi Motor Fuel sec. Filter	Fuel system secondary filter element - Replace (Pag. 111 manual)	814.001
500h	FiFi Motor Air filter	Engine air cleaner element - Clean/replace (Pag. 97,98 manual)	814.001
1000h	FiFi Motor Aftercooler	Aftercooler core - Clean/Test (Pag. 83 manual)	814.001
1000h	FiFi Motor Crankcase	Closed crankcase ventilation (CCV) fumes disposal filter - Replace (Pag. 87 manual)	814.001
1000h	FiFi Motor Turbocharger	Turbocharger - Inspect (Pag. 130 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Aux W. Pump	Auxiliary Water pump (bronze impeller) - inspect (Pag. 84 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Temp. regulator	Cooling system water temperature regulator - Replace (Pag. 95 manual)	814.001
3000h	FiFi Moto Damper	Crankshaft vibration damper - inspect (Pag. 96 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Mounts	Engine mounts - Inspect (Pag. 101 manual)	814.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
3000h	FiFi Motor Speed sensor	Engine speed/timing sensor - Check/Clean/Calibrate (Pag. 106 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Valve lash	Engine valve lash - Inspect/Adjust (Pag. 107 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Valve Rot.	Engine valve rotators - inspect (Pag. 107 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Injectors	Fuel injector - Inspect/Adjust (Pag. 108)	814.001
3000h	FiFi Motor Start. Motor	Starting motor - Inspect (Pag. 129 manual)	814.001
3000h	FiFi Motor Heat Ex.	Heat exchanger - Inspect (Pag. 117 manual)	814.001
5000h	FiFi Motor W. Pump	Water pump - inspect (Pag. 132 manual)	814.001

Compressor de ar superior [44]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
6m	Top air comp. Safety valve	Safety valve test (Cap. 6.3)	732.001.001
6m	Top air comp. Air filter	Inspection and clean air filter (Cap. 6.2)	732.001.001
1y	Top air comp. Air filter	Replace air filter (Cap. 6.2)	732.001.001
2y	Top air comp. Oil	Oil change (Cap. 5.2)	732.001.001
2y	Top air comp. Valves	Replace valve discs (Cap. 6.1)	732.001.001

Compressor de ar inferior [44]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
6m	Bottom air comp. Safety valve	Safety valve test (Cap. 6.3)	732.001.002
6m	Bottom air comp. Air filter	Inspection and clean air filter (Cap. 6.2)	732.001.002
1y	Bottom air comp. Air filter	Replace air filter (Cap. 6.2)	732.001.002
2y	Bottom air comp. Oil	Oil change (Cap. 5.2)	732.001.002
2y	Bottom air comp. Valves	Replace valve discs (Cap. 6.1)	732.001.002

Estação de tratamento de águas residuais [45]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1w	Sewage	Check full air flow through air membranes by closing one of the inlet valves and letting the full flow through one membrane for approx. 30 sec. and vice-versa. Do this twice.	582.025
1w	Sewage	Add bacteria as described in “03.7”	582.025
2w	Sewage	De sludge the bioreactor tank and settling tank using the discharge pump. (See 03.6 “Sludge removal” on following pages).	582.025
1m	Sewage	Check function of all alarms.	582.025
1m	Sewage	Control running hour for UV-sterilizer on UV- lamp display.	582.025
1m	Sewage	Inspection of UV Quartz sleeve (See Appendix 2 of the manual).	582.025
1m	Sewage	Check filter in air compressor and replace/clean if necessary (See Appendix 1 and spare part list in chapter 6).	582.025
1m	Sewage	Empty and clean grease trap, fill with fresh water. (See 03.6 “Sludge removal” on following pages).	582.025

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
3m	Sewage	Check measurement of compressor vanes, fill out “Vanes measurement log”, and replace vanes if necessary. (See Appendix 1 and spare part list in chapter 6).	582.025
1y	Sewage	Shut down air supply	582.025
1y	Sewage	De sludge Bioreactor, inlet- and settling tanks, remove hatches and flush the filling material with clean water, inspect fixed film units (see 3.9) fill plant with clean water.	582.025
1y	Sewage	Remove inspection hatch clean water tank, clean if necessary.	582.025
1y	Sewage	Open grease trap for complete cleaning, fill with fresh water.	582.025
1y	Sewage	Clean all piping in sludge return system, flush with clean water by activate sludge return in manual mode.	582.025
1y	Sewage	Check/clean restrictor in pipeline from macerator pump.	582.025
1y	Sewage	Start air supply and check aeration system.	582.025
1y	Sewage	Check function of the solenoid valve.	582.025
1y	Sewage	Disassembly UV-sterilizer and replace UV lamp and O-ring if needed – recommended after 9000 hours, clean/replace quarts sleeve. (See Appendix 2 and spare part list in chapter 6)	582.025

Guincho de manobra [46]

INTERVALO	TRABALHO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO SFI
1w	Winch lubrication	Lub all points of grease	437.001
10d	Winch emergency release	Operate emergency quick release(s) and local and remote emergency stops under normal operating conditions, when released the brake should remain off for a minimum of 5 minutes duration. If auto-tension then check in both dynamic and static modes. Test can be done with zero line tension, although if possible to perform under tension then free rotation of the drum can be witnessed.	437.001.001
1m	Winch Local Operation	Operate winch in local mode/station	437.001

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
5w	Winch dead Ship Emergency Quick Release(s)	Operate emergency quick release(s) with primary power off (blacked out ship) brake should release at least 3 times and hold off for a minimum of 5 minutes duration. If auto-tension then check in both dynamic and static modes. Test can be done with zero line tension, although if possible to perform under tension then free rotation of the drum can be witnessed.	437.001.001
1y	Winch oil	Change the oil from the gear box tank	437.001
1y	Winch Hyd. Oil	Take a sample of hydraulic oil and replace it if the analyzes recommend it	437.001

Sistema de âncoras [47]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	Anchor test	Lower (free fall dead ship condition) and retrieve anchor. Check chain for damage and condition. Check brake function and inspect friction material.	431.001
1m	Chain locker	Check the water level in chain locker and drain if necessary.	285.050
1m	Windlass lubricating	Grease all lubricating points and lubricate the brake system.	431.001
1m	Windlass gear box	Check the oil level in the planetary gear box.	431.001
5y	Windlass gear box	Drain the gear box oil and refill it with new gear-oil up to its level.	431.001

Gato de reboque [48]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	Towing hook test	Set the hook and release it pneumatically and manually to check its function.	437.007
1m	Towing hook lubricating	Press grease into the grease nipples.	437.007

Cabrestante da popa [49]

<b>INTERVALO</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CÓDIGO SFI</b>
1m	Capstan gear box	Check the oil level in the planetary gear box.	434.003
1m	Capstan hydraulic	Check the hydraulic lines and equipment against leakage.	434.003
5y	Capstan gear box	Drain the gear box oil and refill it with new gear-oil up to its level.	434.003



## Anexo B – Software Helm Connect

### Helm Connect Operações

Este modulo é composto por três componentes, *Registos*, *Planeamento e Despacho* e ainda a *Faturação*.

A componente *Registos* é a forma mais fácil e resumida para dar informação às tripulações de todos os trabalhos e serviços já realizados e os que ainda estão por realizar numa única janela (Figura B-1 e Figura B-2).

No centro da página é apresentado o histórico diário, e à direita é apresentado os trabalhos de manutenção e serviços por fazer.

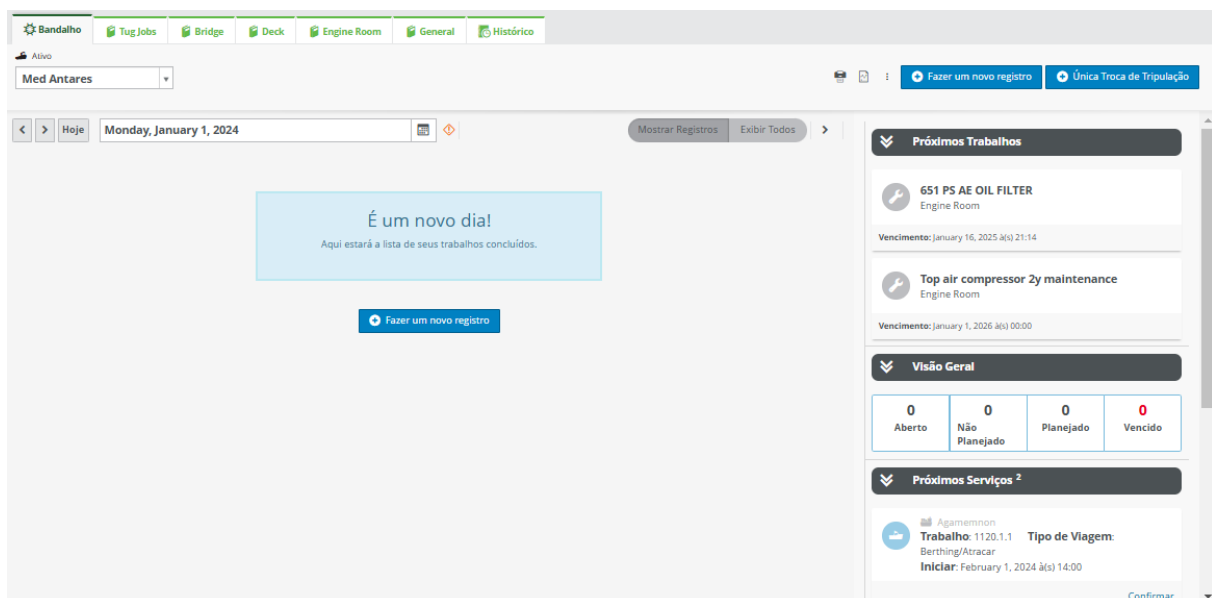


Figura B-1 - Aspeto da janela de Registos utilizada pelas tripulações

The screenshot displays the Helm Connect software interface. At the top, there are navigation arrows, a date selector set to 'Today Tuesday, March 30, 2021', and two buttons: 'Log a new entry' and 'Single Crew Change'. Below this is a 'Daily Logs' section with a dropdown arrow and a notification icon. The logs list the following events:

- 04:30 Start On Hire
- 09:46 Crew change: Steve Robertson off.
- 13:30 Start Mobilization
- 14:00 Docking - Ever Given
- 14:00 End Mobilization
- 15:00 Start Demobilization
- 15:00 Docking - Ever Given
- 15:10 End Demobilization
- 15:20 Vessel General Permit
- 15:32 Crew change: James Wadsworth on.

The right sidebar contains several sections:

- Today**: A dark header.
- Engine Room Inventory Check**: Engine Log, Due: January 29, 2023 at 12:00.
- Overview**: A table showing 9 Open, 1 Unplanned, 1 Planned, and 3 Overdue items.
- Current Crew**: A list of crew members: Sienna Luard (Deckhand), \*Captain Connor (Captain), and James Wadsworth (Deckhand).
- Upcoming Jobs**: A section with a job for 'Ever Given' (Job: 108.2.1, Trip Type: Sailing, Start: March 31, 2021 at 12:35) and a location indicator 'LA 135 → LA Stream'.

Figura B-2 – Exemplo de uma janela de Registos [50]

Permite ainda imprimir e exportar os registos para as partes interessadas a qualquer momento nos formatos pré-definidos. [50]

A componente *Planeamento e Despacho* permite planear, programar e despachar os serviços dos rebocadores. Os serviços mencionados podem ser geridos e visualizados numa barra de tempo (Figura B-3) ou numa lista compacta (Figura B-4). A previsão de tempo dos serviços é automaticamente corrigida para valores reais à medida que as tripulações vão registando os tempos. [50]

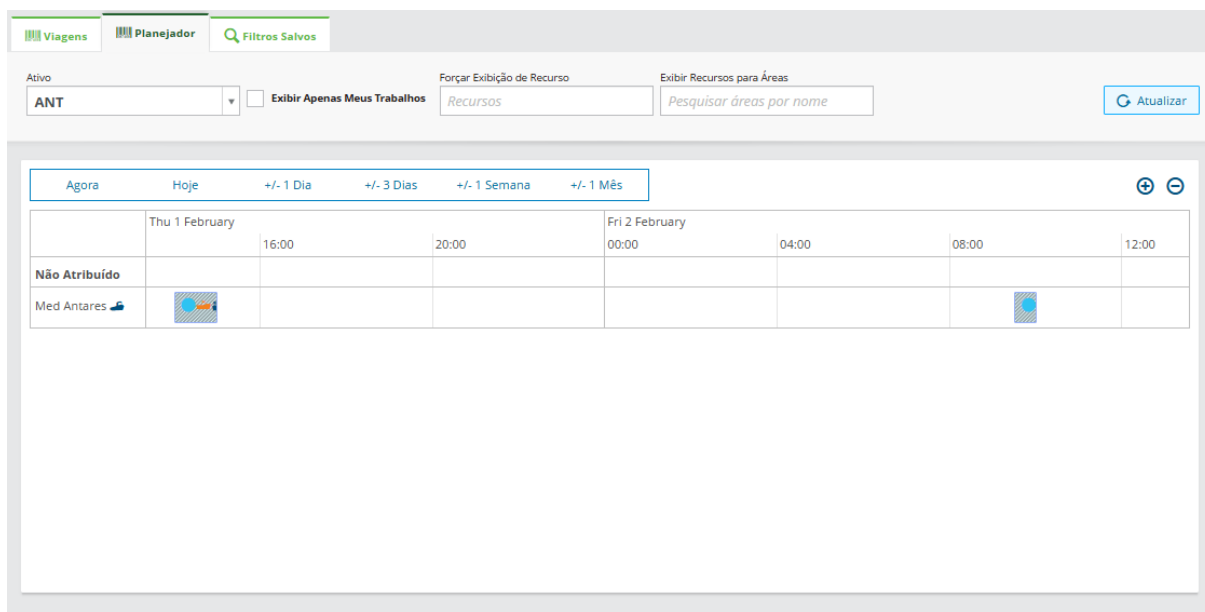


Figura B-3 – Vista dos serviços em forma de barra de tempo

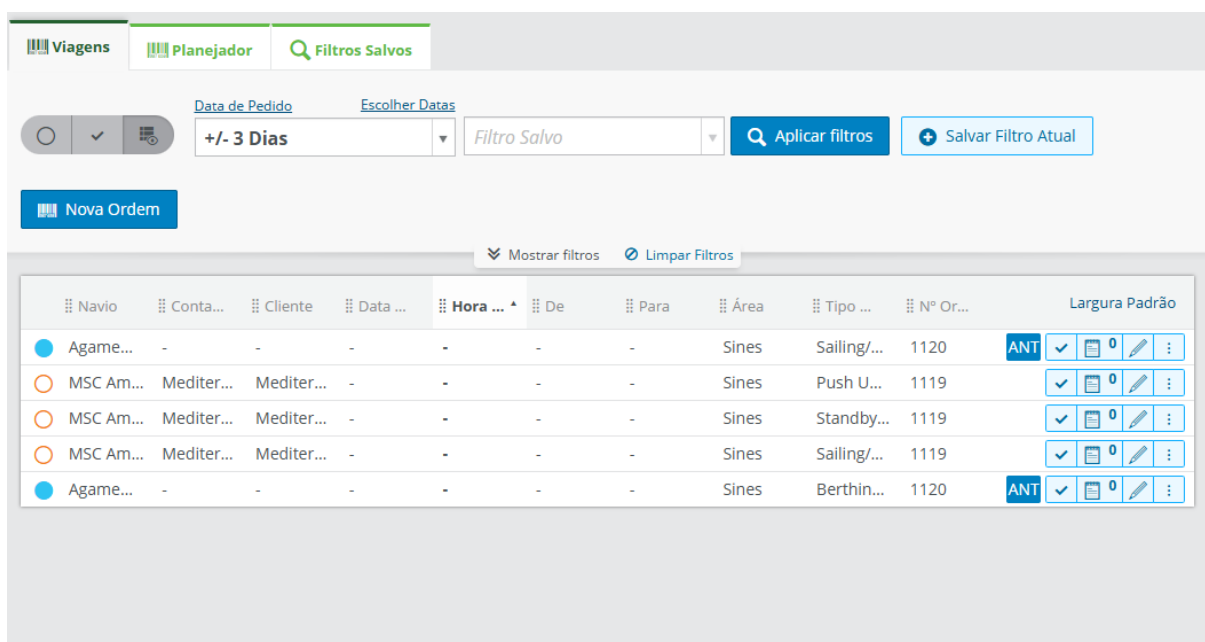


Figura B-4 – Vista dos serviços em forma de lista

A componente *Faturação* permite gerir todas as receitas e despesas da empresa. Esta opção permite criar estilos de faturas e créditos personalizados, devido ao mecanismo avançado de faturação existente no *software*. Permite ainda a possibilidade de integração desta função com outros *softwares* externos. [50]

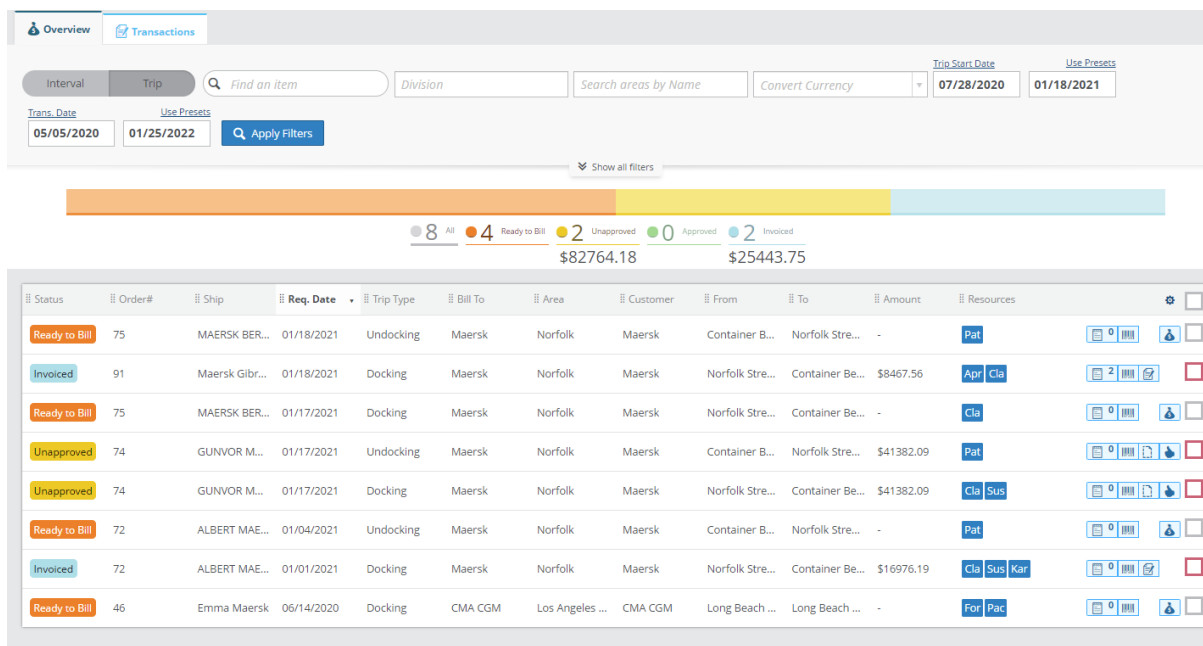


Figura B-5 – Exemplo de uma lista de gestão de faturação [50]

### Helm Connect Conformidade e Auditorias

O Helm Connect Conformidade e Auditorias é composto por quatro componentes, *Certificação*, *Formulários*, *Documentação* e *Auditorias*. Este módulo ajuda as empresas a cumprirem com as regulamentações e requisitos aplicáveis ao setor marítimo.

A componente *Certificação* permite que a documentação de cada embarcação da frota esteja em formato digital e de fácil acesso. Permite ainda que esta documentação seja acompanhada e verificado o seu prazo de validade, dando alertas personalizados da chegada do fim do prazo de cada documento ou certificado (Figura B-6). Com esta componente é fácil a qualquer momento comprovar a conformidade de cada embarcação. [51]

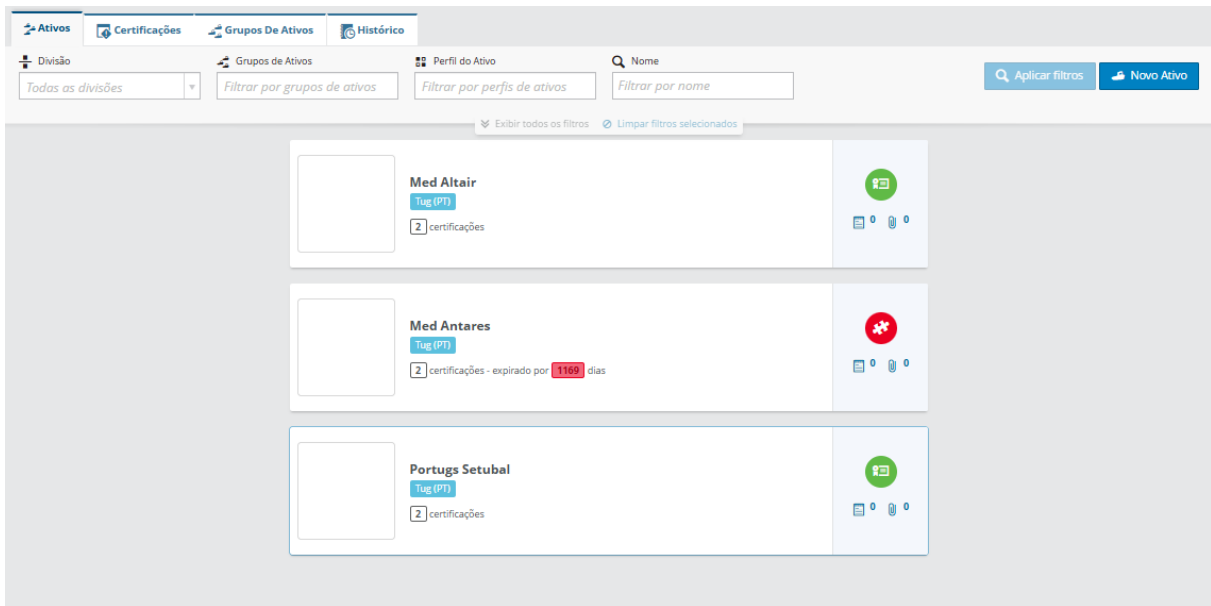


Figura B-6 – Gestão de certificados da frota

A componente *Formulários* permite que sejam criados formulários de diversos tipos no *software*, substituindo assim o preenchimento em papel (Figura B-7). É possível agendar o preenchimento de formulários bem como notificar via *e-mail* o seu preenchimento. [51]

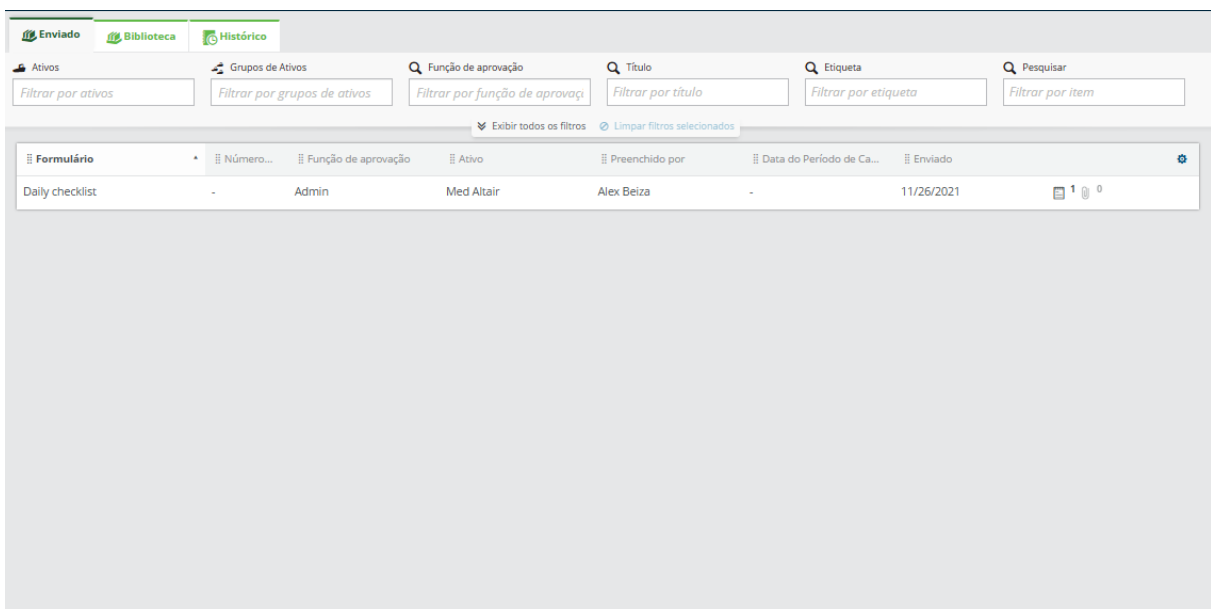


Figura B-7 – Lista de formulários preenchidos

A componente *Documentação* é bastante útil para consultar documentos armazenados no *software Helm*, como por exemplo manuais dos equipamentos existentes a bordo (Figura B-8),

entre outros tipos de manuais importantes para as tripulações. Este componente permite ainda um controlo da versão de cada documento, podendo ser substituído pela versão mais recente. [51]

Documento	Versão	Data de Publicação	Ocultar Marca D'água	Pasta
☆ Air compressor Atlas copco	1	01/01/2024	Não	-
☆ Manual CAT AUX Spares	SEBP4152-61	02/01/2024	Não	-
☆ Manual Caterpillar AUX OP&M	SEBU8607-01	02/01/2024	Não	-

Figura B-8 – Lista de documentos

A componente *Auditorias* é capaz de gerir todo o processo de auditorias do início ao fim, incluindo não conformidades e criar ações corretivas (Figura B-9). É possível criar modelos personalizados de auditorias, agendar e acompanhar as auditorias externas e internas e gerir todas as ações e correções criadas. [51]

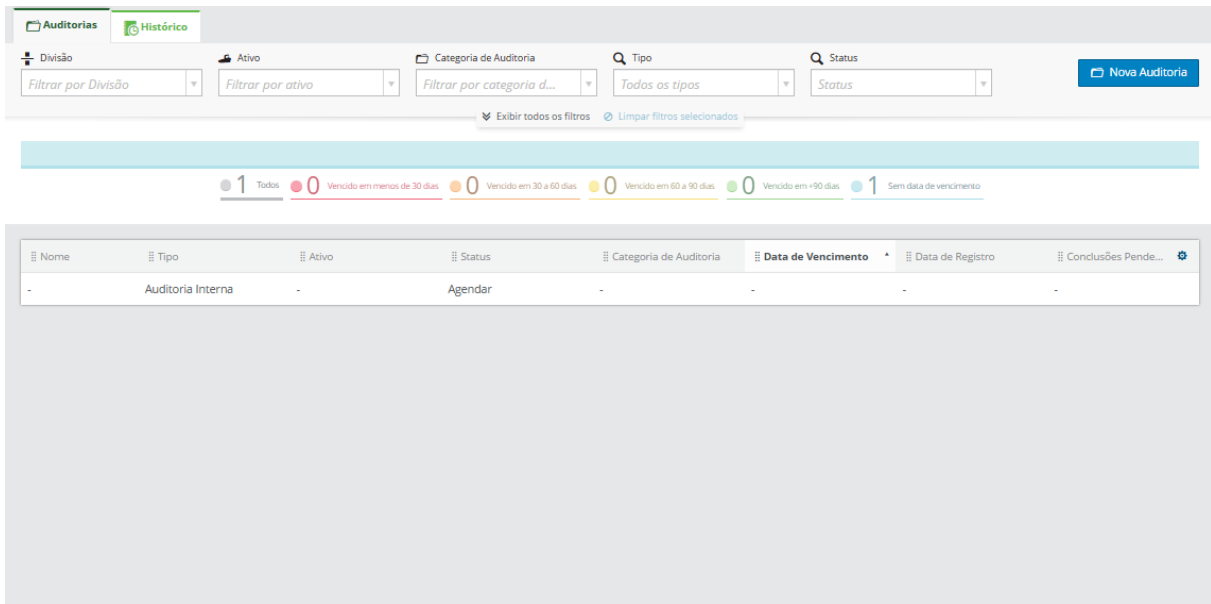


Figura B-9 – Lista de auditorias

### Helm Connect Tripulações

Este módulo tem quatro componentes, *Certificação*, *Escalas de Serviço*, *Pagamentos e Períodos de Descanso*. À semelhança de outros módulos já apresentados, este funciona da mesma forma, mas neste caso é aplicado aos tripulantes das embarcações.

A componente *Certificação* permite que os tripulantes saibam e consigam verificar a validade de todos os seus documentos e certificados, sendo alertados num prazo pré-definido (Figura B-10). [52]

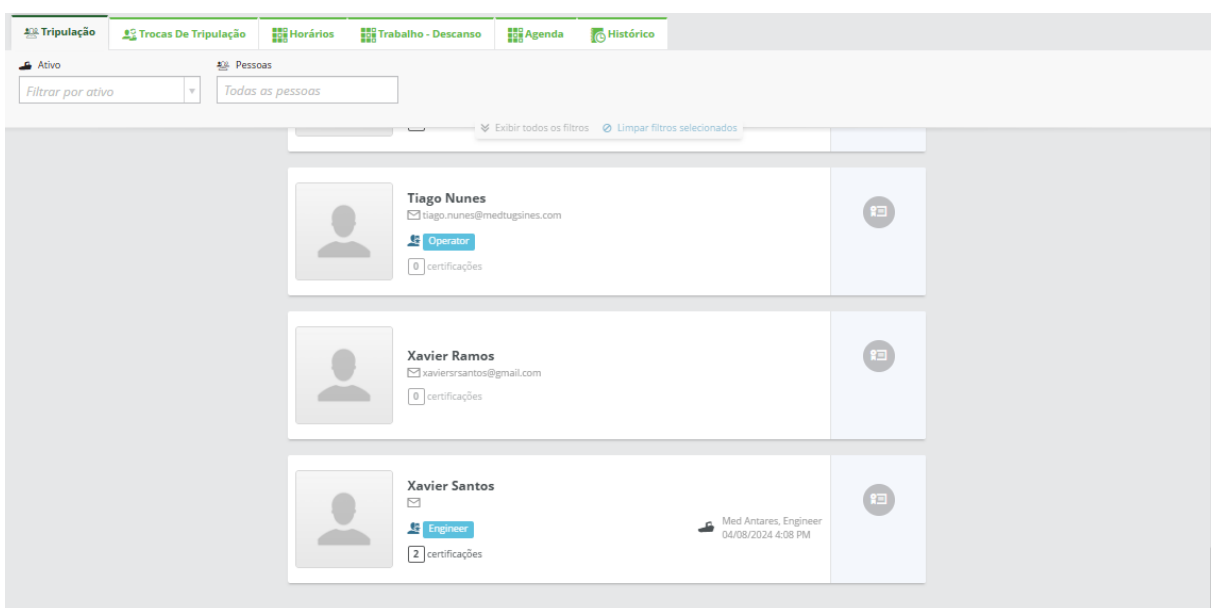


Figura B-10 – Lista de acesso aos tripulantes para verificar a sua certificação

A componente *Escala de Serviço* permite gerir os horários das tripulações com base nos serviços de cada navio da frota, e ainda criar uma escala de rotação automática por forma a que o *software* saiba quem está de serviço (Figura B-11). [52]

Membro da Tripulação	Grupo de Posições	Posição	Classe de Folha de Pagamento	Código de Ganhos	Centro de Custo	Fault	Hora de Início	Tempo Final	Horas	Notas
Antonio Batista	Bridge	Master	-	-	-	false	00:00	23:59	24.00	
Joaquim Santos	Deck	Seaman	-	-	-	false	00:00	23:59	24.00	
Xavier Santos	Engine Room	Engineer	-	-	-	false	00:00	23:59	24.00	

Figura B-11 – Escala de serviço dos tripulantes

A componente *Pagamento* permite prever e gerar folhas de pagamento consoante as regras de cada empresa, incluindo o pagamento regular, horas extras, férias e outros subsídios (Figura B-12). [52]

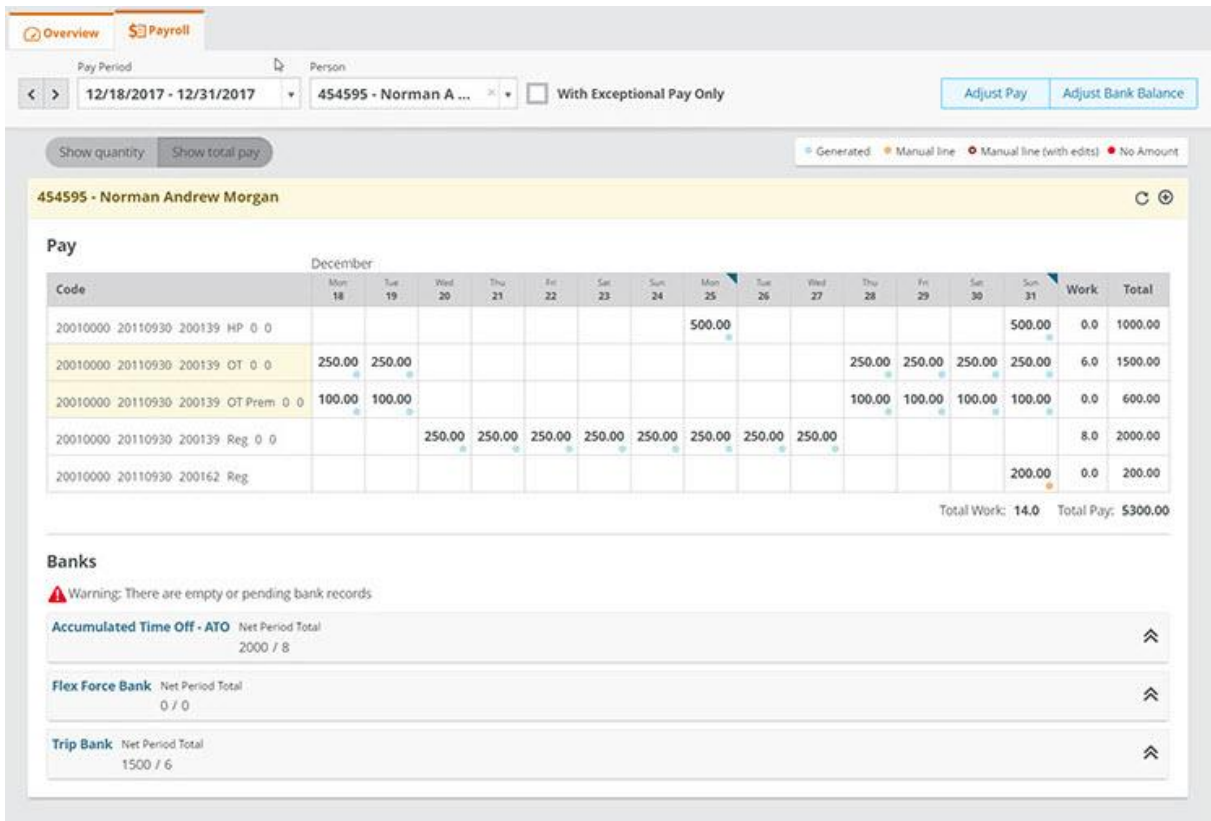


Figura B-12 – Exemplo de uma janela de Pagamento [52]

A componente *Período de Descanso* permite planejar e gerir com eficiência as horas de trabalho e descanso de cada tripulante (Figura B-13), cumprindo com as horas estabelecidas pelas principais convenções nacionais e internacionais. [52]

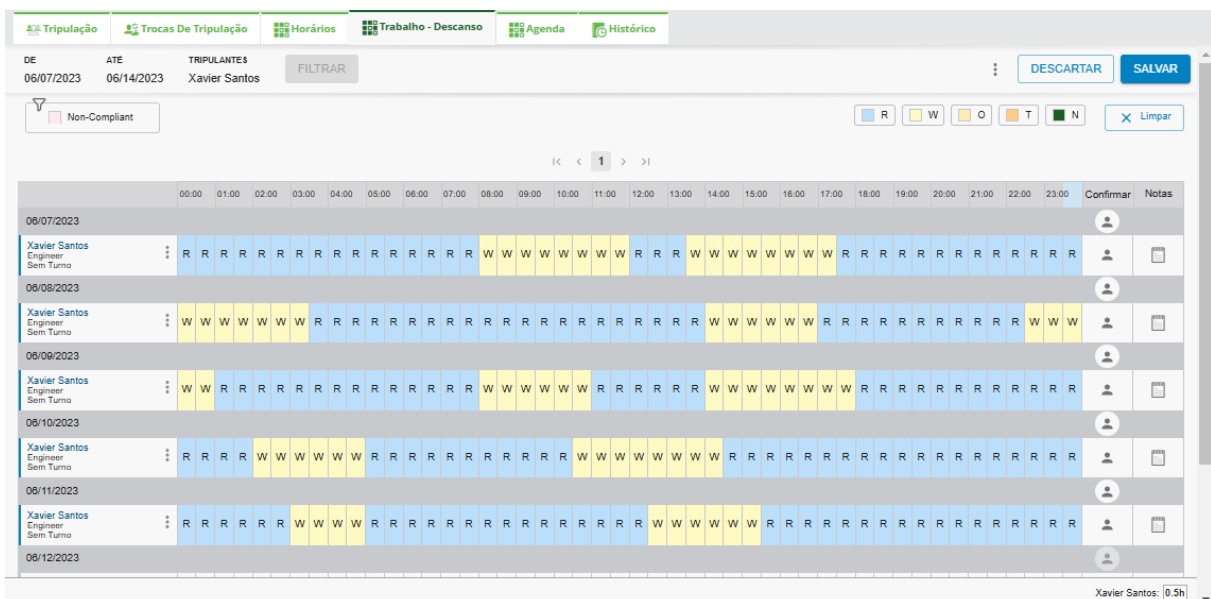


Figura B-13 – Janela de preenchimento de Período de Descanso

O preenchimento da grelha representada na Figura B-13 é bastante simples, basta selecionar o período de horas em que o funcionário trabalhou (W) e as que descansou (R). Se houver alguma inconformidade com os períodos de descanso a que um trabalhador tem direito, as horas em incumprimento mudam para cor avermelhada para dar o alerta.







