



ESCOLA NAVAL

ta sante bi faire



Manuel Nogueira Rodrigues

Análise de risco de manutenção aplicada aos navios da Marinha Portuguesa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em ciências Militares Navais, na especialidade de Engenharia Naval Ramo de Mecânica



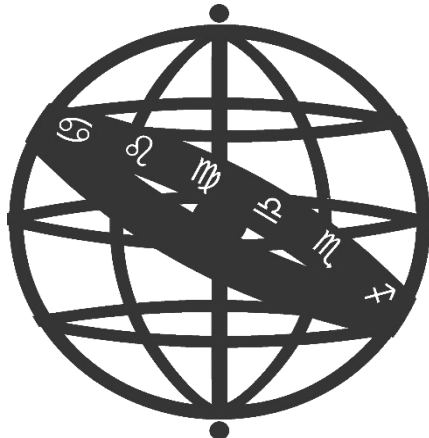
Alfeite

2023



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Manuel Nogueira Rodrigues

Análise de risco de manutenção aplicada aos navios da Marinha Portuguesa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em ciências Militares Navais, na especialidade de Engenharia Naval Ramo de Mecânica

Orientação de: CFR EN-MEC Suzana Paula Silva Lampreia

O Aspirante-a-oficial

O Orientador



ASPOF EN-MEC Nogueira Rodrigues

CFR EN-MEC Silva Lampreia

Alfeite

2023

Citação

“Many of life’s failures are people who did not realize how close they were to success when they gave up.”

Thomas A. Edison

Agradecimentos

À CFR EN-MEC Silva Lampreia, minha orientadora, pelo tempo despendido a este trabalho, no próprio acompanhamento da dissertação, e na sua disponibilidade para arranjar soluções para o projeto.

Ao CRF EN-MEC Pereira de Almeida por ter a disponibilidade de fornecer documentos essenciais para a elaboração da dissertação.

Ao GMAR EN-MEC Santos Baptista, Chefe de Serviço de Mecânica e LA pela sua disponibilidade para discutir alguns pontos e por fornecer documentos do navio para a elaboração da dissertação.

Aos meus colegas de casa José Rodrigues e Miguel Guerreiro, por me motivarem para a realização da dissertação, mas ao mesmo tempo por me tirarem de casa para “descanso”.

À minha família Rui Rodrigues, Helga Nogueira e Miguel Rodrigues por me apoiarem e estarem sempre à disposição para me ajudarem sempre que necessário.

Obrigado a todos pela motivação.

Resumo

Uma das principais funções do oficial Engenheiro Naval do Ramo de Mecânica é a realização da Gestão da Manutenção dos sistemas e equipamentos de bordo. Estes equipamentos são de extrema importância e devem desempenhar as suas funções com a máxima disponibilidade e performance elevada, para o cumprimento da missão dos navios da Marinha Portuguesa.

A manutenção preventiva, e em especial aquela que é baseada na condição, é de extrema importância, para o bom funcionamento dos sistemas. Realizar este tipo de manutenção poderá significar, não só a preservação operacional dos equipamentos e sistemas, mas também limitar os custos de manutenção a médio prazo devido a falhas catastróficas, contribuindo para manter elevados padrões de prontidão dos meios.

Tendo em conta a conjuntura atual económico-financeira da Marinha Portuguesa e a falta de recursos humanos para cumprir com os planos de manutenção, definidos pelo sistema de manutenção planeada de cada navio e aquilo que os fabricantes preconizam, e de forma a garantir a operacionalidade dos meios navais, é imperativo desenvolver metodologias que avaliem de modo contínuo o risco operacional dos equipamentos perante o eventual não cumprimento dos planos de manutenção.

Esta dissertação tem por base o desenvolvimento de uma análise de risco à manutenção dos navios da Marinha, mais precisamente, no caso de manutenção preventiva não ocorrer e os riscos associados.

Sendo assim, na presente dissertação, a análise de risco a ser utilizada vão ser: matriz de risco e Failure Modes and Effects Analysis/Failure Modes, Effects and Criticality Analysis de forma a poder realizar comparações entre os dois métodos e poder priorizar quais os tipos de manutenção que deverão ser realizadas. O caso prático apresentado foi sobre os seguintes equipamentos: Motor Diesel Propulsor, Motor Elétrico Propulsor, Caixa Redutora, AC, CPP Compressor de ar, Linha de Veios e Geradores pertencente ao NRP Viana do Castelo da classe Viana do Castelo.

Palavras-Chave: Manutenção, Marinha Portuguesa, Análise de Risco, Matriz de Risco, FMEA/FMECA .

Abstract

One of the main duties of the Naval Engineer officer in the Mechanics Branch is to manage the maintenance of on-board systems and equipment. This equipment is extremely important and must perform its functions with maximum availability and high performance in order to fulfil the mission of the Portuguese Navy's ships.

Preventive maintenance, especially condition-based maintenance, is extremely important for the proper functioning of the systems. Carrying out this type of maintenance can mean not only the operational preservation of equipment and systems, but also limiting maintenance costs in the medium term due to catastrophic failures, helping to maintain high standards of asset readiness.

Given the Portuguese Navy's current economic and financial situation and the lack of human resources to fulfil the maintenance plans defined by each ship's planned maintenance system and what the manufacturers recommend, and in order to guarantee the operability of naval assets, it is imperative to develop methodologies that continuously assess the operational risk of equipment in the event of non-compliance with maintenance plans.

This dissertation is based on the development of a risk analysis for the maintenance of Navy ships, more precisely, in the event of preventive maintenance not taking place and the associated risks.

Therefore, in this dissertation, the risk analysis to be used will be: risk matrix and Failure Modes and Effects Analysis/Failure Modes, Effects and Criticality Analysis in order to be able to make comparisons between the two methods and prioritise which types of maintenance should be carried out. The practical case presented concerned the following equipment: Diesel Propulsion Engine, Electric Propulsion Engine, Gearbox, AC, CPP Air Compressor, Shaft Line and Generators belonging to the NRP Viana do Castelo of the Viana do Castelo class.

Keywords: Maintenance, Portuguese Navy, Risk Analysis, Risk Matrix, FMEA/FMECA .

Índice

| | |
|--|-----------|
| Citação | i |
| Agradecimentos | iii |
| Resumo | v |
| Abstract | vii |
| Índice de Figuras | xi |
| Índice de Tabelas | xii |
| Lista de abreviaturas Siglas e Acrónimos | xiii |
| Introdução | 1 |
| 1. Manutenção | 3 |
| 1.1 História da Manutenção | 3 |
| 1.2 Conceitos e objetivos da manutenção | 4 |
| 1.3 Tipos de manutenção | 9 |
| 2. Manutenção na Marinha | 12 |
| 2.1 Manutenção Preventiva | 12 |
| 2.2 Manutenção Corretiva | 12 |
| 2.3 Manutenção em Relação a Meios Técnicos e Oficinas a Mobilizar | 13 |
| 2.4 Ciclo de Vida de um Navio | 13 |
| 2.5 Sistema de Gestão da Manutenção da Marinha | 15 |
| 2.5.1 Planeamento | 17 |
| 2.5.2 Execução | 17 |
| 2.5.3 Informação | 18 |
| 2.6 Sistema de Manutenção Planeada | 18 |
| 2.6.1 Programa de Manutenção | 20 |
| 2.6.2 Carta de Manutenção | 20 |
| 2.6.3 Ficha de Trabalho | 21 |
| 2.6.4 Ficha de Relato de Manutenção | 22 |
| 2.6.5 Lista de Material de Substituição | 22 |
| 2.6.6 Lista de Equipamentos de Manutenção Semelhante | 22 |
| 2.7 Sistema de Recolha e Tratamento de Dados | 23 |
| 3. Análise de Risco | 25 |
| 3.1 História | 25 |
| 3.2 Conceito base | 26 |
| 3.3 Metodologia de avaliação de riscos | 27 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.3.1 | <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> | 28 |
| 3.3.2 | <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i> | 33 |
| 3.3.3 | Matriz de risco..... | 36 |
| 4. | Caso de Estudo..... | 38 |
| 4.1 | Metodologia | 38 |
| 4.2 | Descrição dos Sistema Abordados..... | 39 |
| 4.2.1 | Motor Propulsor..... | 40 |
| 4.2.2 | Motor Elétrico Propulsor | 41 |
| 4.2.3 | Caixa Redutora | 41 |
| 4.2.4 | Linhas de Veios..... | 42 |
| 4.2.5 | Ar-Condicionado | 43 |
| 4.2.6 | Geradores..... | 44 |
| 4.2.7 | Descrição das Atividades de Manutenção | 45 |
| 4.3 | Análise de Risco..... | 52 |
| 4.4 | Matriz de Risco | 53 |
| 4.5 | FMEA..... | 56 |
| 4.6 | FMECA..... | 57 |
| 5. | Análise de Resultados..... | 60 |
| 5.1 | Motor Propulsor | 60 |
| 5.2 | Motor Elétrico Propulsor | 61 |
| 5.3 | Caixa Redutora | 64 |
| 5.4 | Linhas de veios | 67 |
| 5.5 | CPP | 69 |
| 5.6 | Hélices..... | 71 |
| 5.7 | Geradores | 74 |
| 5.8 | Compressor de ar | 76 |
| 5.9 | Ar Condicionado | 79 |
| | Conclusão | 82 |
| | Bibliografia | 85 |
| | Apêndices | 89 |
| | Anexos..... | 112 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1- Função Curva de Banheira adaptado de https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html) | 8 |
| Figura 2-Ciclo de vida da Classe Viana do Castelo (Fonte: ILDINAV 801, 2020)..... | 14 |
| Figura 3-Ciclo de Manutenção Classe Viana do Castelo (Fonte: ILDINAV 801, 2020).... | 15 |
| Figura 4-Componente do Sistema de Gestão da Manutenção (Adaptado de ILMANT512, 1984) | 16 |
| Figura 5 - Metodologia | 38 |
| Figura 6-Instalação Propulsora do NRP Viana do Castelo (Fonte: Manual da Instalação Propulsora, 2010) | 40 |
| Figura 7 - Extrato da matriz de risco..... | 53 |
| Figura 8-Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor | 56 |
| Figura 9-Gráfico circular, consoante as mediadas que devem ser tomadas do motor propulsor | 58 |
| Figura 10-Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor | 63 |
| Figura 11-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor | 64 |
| Figura 12-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora | 65 |
| Figura 13-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora | 66 |
| Figura 14 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios | 68 |
| Figura 15- Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios | 68 |
| Figura 16 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP... 70 | |
| Figura 17 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP... 71 | |
| Figura 19- Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice . 73 | |
| Figura 18 - Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice 73 | |
| Figura 21 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar..... | 78 |
| Figura 20 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar..... | 78 |
| Figura 22 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC..... | 79 |
| Figura 23 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC..... | 80 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1-Parâmetros da Matriz de Risco..... | 55 |
| Tabela 2-Intervalos de Risco, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor | 55 |
| Tabela 3-Parâmetros da FMEA..... | 57 |
| Tabela 4-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor | 58 |
| Tabela 5 - Extrato da matriz de risco do motor propulsor | 60 |
| Tabela 6 - Extrato da matriz de risco do MEPP | 62 |
| Tabela 7-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor | 63 |
| Tabela 8-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor | 63 |
| Tabela 9 - Extrato da matriz de risco da Caixa Redutora | 65 |
| Tabela 10-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora | 65 |
| Tabela 11-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora | 66 |
| Tabela 12-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios | 67 |
| Tabela 13- Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios | 68 |
| Tabela 14 - Extrato da matriz de risco do CPP..... | 69 |
| Tabela 15-Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP..... | 70 |
| Tabela 16-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP | 70 |
| Tabela 17 - Extrato da matriz de risco dos hélices | 72 |
| Tabela 18 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice | 72 |
| Tabela 19 - Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice | 73 |
| Tabela 20 - Extrato da matriz de risco dos GEE..... | 74 |
| Tabela 21 - Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores..... | 75 |
| Tabela 22 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores..... | 75 |
| Tabela 23 - Extrato da matriz de risco do Compressor de Ar..... | 76 |
| Tabela 24 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar | 77 |
| Tabela 28 - Tabela resumo | 81 |

Lista de abreviaturas Siglas e Acrónimos

| | |
|---------|---|
| AC | Ar condicionado |
| CARM | Cartas de Manutenção |
| CPP | <i>Control Pitch Propeller</i> |
| CODOL | <i>Combined Diesel or Eletrical</i> |
| D | Deteção |
| DN | Direção de Navios |
| FIT | Ficha de Trabalho |
| FMEA | <i>Failure mode and Effects Analysis</i> |
| FMECA | <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i> |
| FREM | Ficha de Relato de Manutenção |
| GEE | Grupo Eletrogéneo |
| HP | <i>High Pressure</i> |
| HT | <i>High Temperature</i> |
| Ia | Impacto ambiental |
| Io | Impacto Operacional |
| Is | Impacto no sistema |
| LEMS | Lista de Equipamento de Manutenção Semelhantes |
| LIMS | Lista de material de Substituição |
| LP | <i>Low Pressure</i> |
| LT | <i>Low Temperature</i> |
| NRP | Navio da República Portuguesa |
| O | Ocorrência |
| PIMN | Plano de Imobilização dos Meios Navais |
| PM | Probabilidade de Manutenção |
| PROGMAN | Programa de Manutenção |
| R | Risco |
| RPN | <i>Risk Priority Number</i> |
| S | Severidade |
| SGM | Sistema de Gestão da Manutenção |

| | |
|------|---|
| SMP | Sistema de Manutenção Planeada |
| SRTD | Sistema de recolha e tratamentos de dados |
| UN | Unidades Navais |

Introdução

Com o desenvolvimento rápido da tecnologia, cada vez mais as máquinas estão presentes na vida diária das pessoas, das empresas, das instituições. Esta situação potenciou que as máquinas fossem cada vez mais evoluídas para poderem realizar as necessidades que o ser humano precisa, assim também foi preciso começar a pensar como fazer com que as máquinas tenham uma disponibilidade maior e que a sua vida se prolongue no tempo. Neste contexto começou a realizar-se a Manutenção preventiva, por ser menos dispendiosa do que esperar que a máquina falhe e só depois arranjá-la, além de se estar a contribuir para o bom funcionamento da máquina.

Nos dias de hoje, devido a alguma escassez de recursos financeiros, materiais e de pessoal, os navios da Marinha Portuguesa operam num ambiente com desafios superiores no que diz respeito a manter a operacionalidade dos sistemas e equipamentos. Por vezes, a exposição ao risco aumenta quando os navios estão permanentemente com missão atribuída e um determinado grau de prontidão. Assim, existe a necessidade de reforçar os sistemas de controlo do estado dos sistemas e aplicar um sistema de avaliação do risco que funcione como um meio de apoio à decisão.

Para a Marinha é imperativo que os meios navais estejam operacionais para poderem exercer as suas missões nos espaços marítimos atribuídos, para isso é necessário conhecer permanentemente o estado dos equipamentos e de eventuais riscos associados quando o tipo de missão e disponibilidade atribuídas não permite o cumprimento dos planos de manutenção definidos no Sistema de Gestão da Manutenção (SGM).

Cada vez mais, as análises de risco são importantes pois permitem de forma ágil e eficaz identificar, analisar os riscos de falha ou avarias imprevistas. Assim as análises de risco trazem grandes benefícios na redução de custos, minimização de defeitos, aumento da produtividade e maior segurança operacional, o que pode ser favorável para a Marinha Portuguesa.

De referir ainda que, a partir da última década, com o desenvolvimento tecnológico nos diversos ramos da Engenharia, tornou-se obrigatório identificar e

prevenir os problemas nos equipamentos, e às equipas de engenharia e manutenção cabe a tarefa de encontrar soluções para estas questões, desde as mais simples às mais complexas.

Por último, desafiando as práticas convencionais, e com recurso à análise de risco existentes para a manutenção, o futuro objetivo passa por prevenir os problemas possíveis na manutenção, tornando a gestão da manutenção mais eficaz, simples e segura.

Em síntese, a análise de risco de manutenção na Marinha Portuguesa poderá ser um meio a seguir para reduzir o tempo gasto em manutenções e reparações de emergência, bem como obter mais disponibilidade dos equipamentos mais segurança operacional.

O presente documento pretende trazer uma análise profunda sobre a análise de risco de manutenção aplicada a uma Classe de navios da Marinha Portuguesa. A relevância do estudo, no contexto da revolução tecnológica e possíveis cenários de desempenho, prende-se com o fato que podem ocorrer nas mais variadas das suas vantagens e benefícios quanto à prevenção de falhas dos equipamentos através da Análise de Risco.

1. Manutenção

1.1 História da Manutenção

Ao longo dos anos, as práticas de manutenção evoluíram tornando-se cada vez mais complexas. Esta evolução gerou uma alteração na percepção das organizações, que passaram a ver a manutenção como uma ferramenta necessária para a eficiência econômica e operacional, em vez de um custo adicional.

A evolução destes métodos e práticas de manutenção são cada vez mais importantes na sociedade atual, tendo em conta que o mundo está cada vez mais industrializado. E foi dividida em três gerações: a primeira geração, a segunda geração e a terceira geração (Kardec & Nascif, 2001).

Com a mecanização da indústria, a implantação da produção em série e o consequente incremento das atividades de reparação, surgiram áreas de trabalho que funcionavam sob a responsabilidade da área produtiva e cujo objetivo primário resumia-se à reparação após falha e rotinas operacionais (limpeza, lubrificação e inspeção visual). As atividades de manutenção predominantes são as de manutenção corretiva. (Ferreira, 2017)

A segunda geração abrange o período entre a segunda guerra mundial até meados dos anos 80. Este período é referente a um grande avanço tecnológico, o que fez com que se registasse um grande aumento da mecanização e da complexidade de instalações industriais.

Com a tendência da globalização, emergem novos desafios de produtividade e de qualidade, grande preocupação com a segurança e o meio-ambiente, despontando elevadas expectativas nas funções e resultados da manutenção. Surgem então, novas técnicas de manutenção e ferramentas de suporte a decisões que visam maximizar a vida útil dos itens físicos, onde a fiabilidade, disponibilidade, manutibilidade e segurança são os principais indicadores de eficiência da manutenção, imprescindíveis para otimizar o modelo de manutenção (Qingfeng, Wenbin et al., 2011).

Recentemente, já se começa a falar da quarta geração, com o nome de indústria 4.0, utilizado pela primeira vez no evento alemão “Hannover Messe 2011” (VOGEL-HEUSER; HESS, 2016).

Referia-se a um projeto criador de valores inéditos, novos modelos de negócios e com grande potencial para resolução de problemas, através da adoção de tecnologias como os Sistemas Cyber-Físicos, Internet das Coisas e Internet dos Serviços (KANG et al., 2016).

A implementação das tecnologias visa a fusão entre o mundo físico e o virtual, a principal marca da quarta revolução industrial e que possibilita o aumento da inteligência dos processos para a melhor tomada de decisão e aumento da produtividade (ZHENG et al., 2018).

Bokrantz et al. (2020) indicam que, ancorada na Indústria 4.0 ou indústria inteligente, a Manutenção Inteligente, ou Manutenção 4.0, representa um projeto organizacional para gerir a manutenção de plantas industriais em ambientes que possuem tecnologias digitais difundidas.

1.2 Conceitos e objetivos da manutenção

De acordo com a NP EN 13306:2007 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 a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida.” Ou seja, a manutenção tem como principal função o funcionamento normal de um bem, em que este bem tenha um risco bastante reduzido de avaria.

A Manutenção torna-se um alicerce para qualquer organização que pretenda uma funcionalidade mais rentável e com menos custos associados. Os seus equipamentos e máquinas terão de ser mantidos em boas condições de funcionamento, sendo necessários planos de Manutenção apropriados para que se atinja a máxima satisfação e fidelização dos seus clientes com produtos/serviços que primam pela alta qualidade (Cardoso, 2019).

Tendo em conta que a manutenção é extremamente importante para a vida de um bem foi necessário, para além de realizar a manutenção ter também uma estratégia para se conseguir implementá-la. De acordo com a NP EN 13306:2007 a gestão da manutenção são todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

Efetivamente, aos problemas a que a Manutenção está atualmente associada, juntam-se questões atuais como a economia de energia, a conservação do ambiente e dos materiais, a possibilidade de reutilização e/ou renovação dos equipamentos e instalações, a fiabilidade, a manutenibilidade, a eficiência, a otimização de processos industriais, a crescente preocupação com as exigências de qualidade e a necessidade permanente de formação e valorização dos recursos humanos (Ramos, 2012).

Dito isto, para que uma instalação desempenhe a função para a qual foi projetada, é essencial que os equipamentos e máquinas se encontrem em boas condições de utilização. Em termos genéricos a Manutenção tem como finalidades: (Cardoso, 2019)

- Explorar e gerir os equipamentos durante a sua vida útil;
- Assegurar a disponibilidade otimizada dos equipamentos, obtendo o máximo retorno do investimento;
- Assegurar a segurança dos utilizadores do equipamento;
- Controlar os efeitos de falhas relacionadas com a envolvente.

Quando se fala em manutenção existem certos conceitos fulcrais, tanto para saber como se vai intervir ou mesmo quando se deve intervir, alguns destes conceitos são os seguintes: (NP EN 13306, 2007)

- Bem

Qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema pode ser considerado individualmente;

- Avaria

Cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida;

- Manutibilidade

Aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.

- Fiabilidade

Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

- Vida útil

Intervalo de tempo, que sob determinadas condições, começa num dado instante e termina quando a taxa de avarias se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável na sequência de uma avaria ou por outras razões pertinentes.

- Plano de manutenção

Conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessária para executar a manutenção.

Para Xenos (1998), um plano de manutenção consistiria basicamente em:

- Classificar os equipamentos quanto à sua importância dentro do sistema de produção;
- Definir a forma e frequência de manutenção para cada aparelho, sendo a execução da manutenção baseada em inspeções periódicas e, se necessário, reformas ou trocas de peças de equipamentos;
- Verificar a eficácia do plano de manutenção através de itens de controle e tomar decisões corretivas se necessário.

A meta fundamental deste plano é reduzir ou eliminar a incidência de falhas, interrupções não planeadas e a degradação das funções de um equipamento, bem

como manter o processo de manutenção organizado, padronizado e com um fluxo contínuo de melhorias e monitorização.

De acordo com Sampaio (2023), o Ciclo de Vida de um Navio de Guerra consiste em várias etapas que acontecem desde logo com a conceção, até ao seu fim, inevitavelmente com o abate ou descomissionamento.

Assim, as principais etapas do Ciclo de Vida são (Sampaio, 2023):

1) Projeto e Construção: aqui desenvolve-se o projeto detalhado do navio de guerra considerando os requisitos operacionais, sistemas de armas, propulsão, comunicação, etc. Depois segue-se a construção do navio, fabricação do casco, integração de sistemas e procedem-se aos testes.

2) Comissionamento e Entrada em Serviço: após a construção, o navio é aceite oficialmente pela marinha ou outras forças armadas, a tripulação é treinada para operar o navio e integra o serviço ativo.

3) Operação e Manutenção: é a fase em que o navio entra em serviço realizando missões militares, exercícios e outras atividades. Durante a sua vida útil o navio necessita de manutenção para manter a sua operacionalidade e prontidão.

4) Modernização e Atualização: aqui será necessário manter a capacidade operacional do navio e atender aos requisitos em constante mudança, exigindo atualizações e melhorias nos sistemas de armas, eletrónica e na eficiência energética.

5) Descomissionamento ou Abate: final da vida útil do navio, é retirado do serviço ativo e descomissionado, abatido para desmontagem e reciclagem dos materiais de acordo com as regulamentações ambientais.

O planeamento é dos pontos mais importantes ao realizar a manutenção de um bem de forma a gerir da melhor maneira e com maior eficácia as atividades de manutenções, quando devem ser realizadas. Este planeamento inicia-se logo na fase de conceção ou de aquisição do bem, e que tem como objetivo realizar todas as atividades até ao seu abate, desde os requisitos operacionais, especificações de manutibilidade, fiabilidade, objetivos, critérios de manutenção, apoio logístico necessário e custos globais do ciclo de vida. Cada um destes pontos é extremamente

detalhados, para se conseguir realizar uma boa manutenção, tanto preditiva, como preventiva.

O ciclo de vida e o planejamento de manutenção estão diretamente relacionados com uma função apelidada de Curva de Banheira. Nesta curva distinguem-se três períodos característicos: (Assis, 2014).

- período de infância;
- período vida útil ou maturidade;
- período de degradação

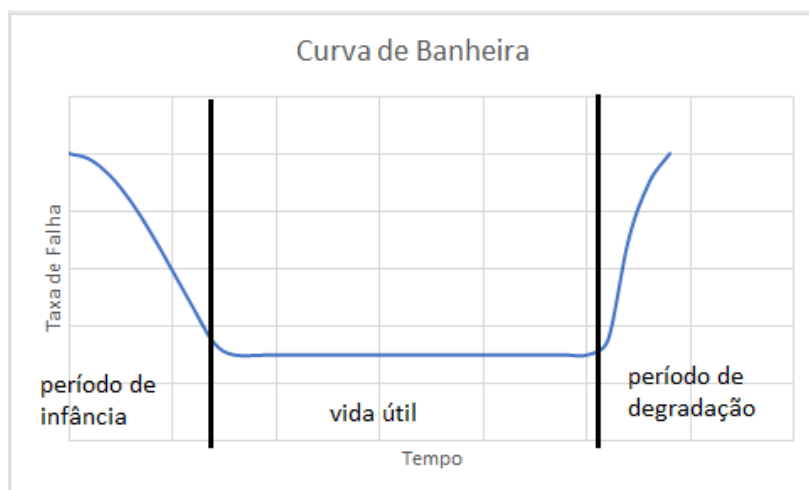


Figura 1- Função Curva de Banheira adaptado de <https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html>

Na primeira fase, pode-se verificar que a taxa de falhas é alta, decrescendo ao longo do tempo. Normalmente estas falhas iniciais devem-se a erros na fase de concepção do projeto. Neste período, há uma grande incidência de falhas causadas por componentes com defeitos de fabrico ou deficiências de projeto. (Lottermann, 2014)

Durante a vida útil do bem, as falhas começam a estagnar, deixam de haver as falhas iniciais, como na fase anterior, e passam a haver sobretudo falhas aleatórias. A melhor maneira de tentar fazer com que estas falhas aleatórias não aconteçam, será

usar a manutenção preditiva e preventiva. Representa o período onde a taxa de falhas é sensivelmente menor e relativamente constante ao longo do tempo.

A ocorrência de falhas decorre de fatores menos controláveis, como fadiga ou corrosão acelerada, fruto de interações dos materiais com o meio. Tornando assim, sua previsão mais difícil. (Lottermann, 2014)

Por último, a fase de desgaste, nesta fase as falhas começam a ser cada vez mais devido a diversos fatores, que podem ir desde o desgaste pelo uso e longevidade do equipamento a más práticas de manutenção, conduzindo à crescente necessidade de reparações e ao aumento dos riscos para a segurança.

Neste período ocorre um aumento expressivo na taxa de falhas, decorrentes do desgaste natural das peças, que será tanto maior quando mais passar o tempo. (Lottermann, 2014)

1.3 Tipos de manutenção

De acordo com Prata (2014), a “mistura” dita ideal dos vários tipos de manutenção deve conjugar o melhor desempenho de cada organização ao menor custo. Para tal é traçado um plano no sentido de reduzir a necessidade da Manutenção Não Planeada (Corretiva) e empreender o esforço da Manutenção Planeada (Preventiva e Melhoria).

A Manutenção Preventiva antecipa o início de possíveis falhas nos equipamentos, se executadas corretamente as manutenções de rotina de acordo com o planeado, garante-se que o equipamento esteja sempre lubrificado de forma adequada, limpo e sem resíduos nas cavidades e ranhuras, restringindo assim as hipóteses de falhas primárias. “Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem” (NP EN 013306:2007).

A Manutenção Corretiva é uma forma de manutenção não planeada, justifica-se quando o equipamento falha e pode ser arranjado voltando à sua total operacionalidade. “É a manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria, e destinada a repor o bem num estado que possa realizar uma função requerida.” (NP EN 013306:2007).

Já a Manutenção Preditiva, é pautada na verificação das atividades protocolares previamente estabelecidas, levando em consideração os planos de inspeção. De acordo com Nascif e Dorigo (2013) a Manutenção Preditiva é a que apresenta melhor relação custo / benefício, além de garantir que os equipamentos operem durante maior tempo médio entre falhas. Assim, evita-se a manutenção corretiva não planeada e reduz-se a manutenção preventiva, substituindo-a, onde possível e justificável, pela manutenção preditiva. Por essa série de situações elencadas, torna-se necessário o planeamento da manutenção.

De acordo com a NP EN 013306:2007, existem também outros tipos de manutenção, tais como Manutenção Sistemática, a Programada, a Condicionada e de Melhoria.

A Manutenção Sistemática é um programa de manutenção que se preocupa com a verificação, inspeção e medição dos equipamentos em relação aos seus parâmetros estabelecidos de desempenho. Envolve a identificação das condições anormais e do desgaste natural na operação normal do equipamento. Ela também proporciona o recurso adequado, a mão de obra qualificada e o tempo necessário para manter os equipamentos em bom estado de funcionamento. Os programas de manutenção sistemáticos baseiam-se em fluxogramas e em prazos programados para inspeções visuais e corretivos contínuos. Manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem (NP EN 013306:2007).

A Manutenção Programada é o processo de manter um equipamento ou sistema funcionando em bom estado, por meio do planeamento e da realização de inspeções regulares, reparações e manutenções preventivas. Estas atividades são iniciadas quando se constata que o equipamento atinge determinado tempo ou condições de desempenho. Os objetivos desta manutenção são evitar reparações inesperadas, melhorar a eficiência dos sistemas e reduzir os custos a longo prazo de funcionamento e serviço dos equipamentos. Manutenção preventiva efetuada de acordo com um calendário pré-estabelecido ou de acordo com um número definido de unidades de utilização (NP EN 013306:2007).

A Manutenção Condicionada consiste na inspeção e manutenção periódica de equipamentos com base na sua condição operacional real atual. Esta abordagem trata os equipamentos como um único sistema e considera o seu desempenho global, aplicando manutenção de forma mais eficiente. Significa que nem todos os equipamentos têm a mesma frequência de manutenção e que o programa de manutenção é especificamente projetado para cada situação. A manutenção condicionada procura reduzir o custo de manutenção sem comprometer a segurança. Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes (NP EN 013306:2007).

Por último, a Manutenção de Melhoria trata-se de um estilo de Manutenção estimulado e assumido nos dias de hoje, com a finalidade de introduzir uma dinâmica de melhoria contínua. Contudo, este tipo de Manutenção requer um estudo em relação ao seu custo/benefício, para que possa prosseguir antes de iniciar a sua implementação (Cabral, 2013).

2. Manutenção na Marinha

A Manutenção pode ser realizada a partir de duas formas: Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva.

2.1 Manutenção Preventiva

De acordo com a ILA 5 (1997) da Marinha Portuguesa a Manutenção Preventiva define-se como um tipo de Manutenção que tem como finalidade reduzir o risco de avarias num bem, ou seja que o bem continue com o seu funcionamento normal.

A Manutenção Preventiva subdivide-se em Manutenção Sistemática e em Manutenção por Avaliação. Em relação à primeira, as operações de manutenção tal como o nome indica, são operações periódicas, e podem implicar a indisponibilidade do equipamento. Enquanto que a Manutenção por Avaliação ocorre quando as operações a realizar vão decorrendo de acordo com o acompanhamento, determinação do estado do equipamento. (ILDINAV 802, 1998)

2.2 Manutenção Corretiva

Esta Manutenção tem como objetivo repor o equipamento de volta ao estado operacional, e pode ser subdividido em relação à prioridade:

Manutenção Corrente ou Normal: refere-se como a reparação de avarias que não afetem a operacionalidade do navio, nem dos sistemas ou equipamentos. (ILDINAV 802, 1998)

Manutenção Eventual: refere-se à reparação de avarias que afetem a segurança ou operacionalidade dos meios navais ou dos sistemas e equipamentos, ou ainda o bem-estar da guarnição, e que não permite que seja efetuada enquanto o meio naval estiver num estado de operacionalidade. (ILDINAV 802, 1998)

Manutenção Urgente: refere-se à reparação de avarias que afetem a segurança ou operacionalidade dos meios navais ou dos sistemas e equipamentos, ou ainda o bem-estar do pessoal, devido à sua natureza permite que sejam executados num curto

espaço de tempo, e não interfere com os seus planos de utilização. (ILDINAV 802, 1998)

Manutenção Muito Urgente: refere-se a pequenos trabalhos de manutenção que constituem perigo imediato para o pessoal e material, e devido à sua natureza são efetuados imediatamente e não interferem com o plano de utilização dos meios navais. (ILDINAV 802, 1998)

2.3 Manutenção em Relação a Meios Técnicos e Oficinas a Mobilizar

MANUTENÇÃO DE 1º ESCALÃO

Manutenção que implica usualmente a substituição de peças em equipamentos em que é o próprio meio naval a efetuar esta manutenção. (ILDINAV 801, 2020)

MANUTENÇÃO DE 2º ESCALÃO

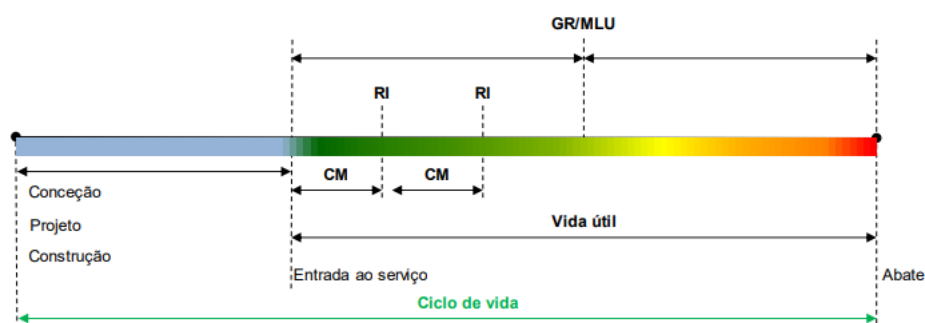
Manutenção que implica a substituição de peças, componentes, e a utilização de ferramentas ou aparelhagem de prova, que inclui afinações e ajustamentos, tanto pode ser realizado pelo pessoal da unidade naval ou de uma unidade em terra. (ILDINAV 801, 2020)

MANUTENÇÃO DE 3º ESCALÃO

Manutenção que pela sua complexidade, excede a capacidade dos meios existentes a bordo e do comando administrativo. Normalmente é realizada pelo Arsenal do Alfeite, ou por uma entidade externa com trabalhos semelhantes. (ILDINAV 801, 2020)

2.4 Ciclo de Vida de um Navio

O ciclo de vida de um navio é o período que decorre desde o seu “nascimento” até à sua “morte”, e é composto por as seguintes etapas: conceção, desenvolvimento, construção, utilização e abate (ILDINAV 801, 1984).



Legenda: CM – ciclo de manutenção; RI – revisão intermédia; GR – grande revisão; MLU – *mid-life update*

Figura 2-Ciclo de vida da Classe Viana do Castelo (Fonte: ILDINAV 801, 2020)

O meio naval para atuar no máximo das suas capacidades, da sua vida útil, é submetido a ações de manutenção. Para a sua realização o navio tem de estar atracado ou mesmo em doca seca, ou seja, sem período operacional e sem missão atribuída.

Estas ações de manutenção são planeadas durante as etapas iniciais do ciclo de vida e consistem em: (ILDINAV 801, 1984)

- Grandes Revisões (GR)
- Revisões Intermédias (RI)
- Pequenas Revisões (PR)
- Revisões Assistidas (RA)
- Docagens (D)
- Intervenções Pontuais ou Eventuais (IE)

O Ciclo de manutenção é o intervalo de tempo entre a entrada ao serviço e o fim da primeira revisão intermédia, ou entre o fim de duas revisões intermédias consecutivas.

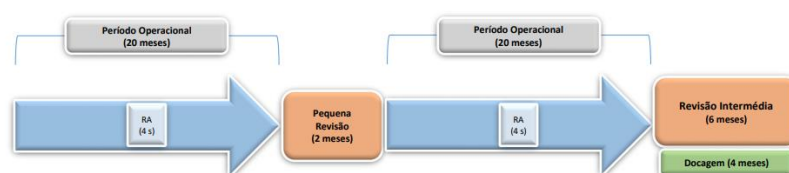


Figura 3-Ciclo de Manutenção Classe Viana do Castelo (Fonte: ILDINAV 801, 2020)

Tradicionalmente, para efeitos de planeamento, considera-se que os navios militares têm uma vida útil média de 30 anos. O ciclo de vida adiciona à vida útil todo o período e fases concretizadas a montante, desde a manifestação de necessidade ao momento em que se considera o navio pronto para as atividades operacionais; do ponto de vista temporal o conjunto das fases anteriores à vida útil pode atingir um período de tempo significativo no caso dos navios militares mais complexos.

O processo de abate ainda se integra no ciclo de vida. Neste ponto importam as questões da utilização futura ou do desmantelamento/reciclagem, caso em que as preocupações de índole ambiental não devem ser descuradas (Brito, 2021).

2.5 Sistema de Gestão da Manutenção da Marinha

O Sistema de Gestão da Manutenção da Marinha Portuguesa, designado por SGM, foi criado de maneira a providenciar todo o material disponível, e a assegurar a manutenção das Unidades Navais. O SGM, adotado pela Marinha Portuguesa, foi baseado no sistema “3M System” da *US Navy, Material, Maintenance and Management*, tendo sido criado através do despacho do ALM CEMA de 27 de maio de 1981 (Passinhas, 2013).

A Manutenção na Marinha Portuguesa fundamenta a sua doutrina na seguinte publicação, ILA 5 (Instruções para a Organização da Manutenção das Unidades Navais e Outros meios de ação Naval).

O SGM está integrado no Sistema Logístico da Marinha e divide-se em dois, o Sistema de Manutenção Planeada (SMP), e o Sistema de Recolha e Tratamento de Dados (SRTD), como se pode constatar na figura abaixo.

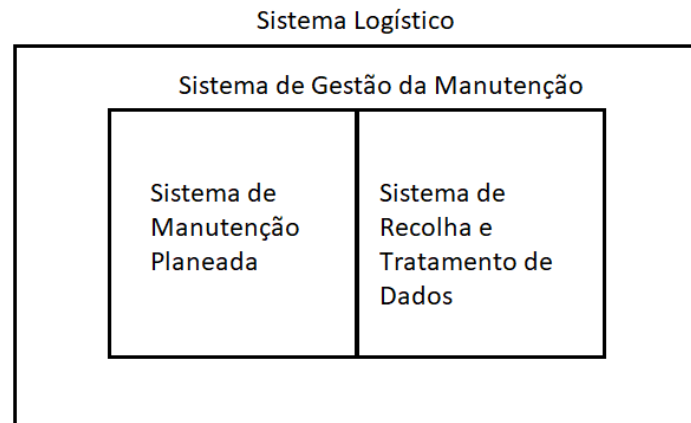


Figura 4-Componente do Sistema de Gestão da Manutenção (Adaptado de ILMANT512, 1984)

O SGM é fundamentado por 2 publicações que são o ILDINAV 802 (Manual do Sistema de Gestão de Manutenção e do subsistema de Manutenção Planeada) e o ILMANT 512 (Manual do Sistema de Recolha e Tratamento de Dados), sendo que ambas foram elaboradas com base do ILA 5.

De acordo com o ILDINAV 802, o SGM é um conjunto de conceitos e procedimentos que possibilitam a execução da Manutenção do material naval, a integrar funções do sistema logístico, tendo um apoio de um sistema de informação.

De maneira a ser possível cumprir as mais diversas missões, com as Unidades Navais (UN), a manutenção preventiva do navio é realizada conforme o determinado pela Direção de Navios. Sendo assim o SGM tem de ter uma série de objetivos bem definidos (ILDINAV 802):

- Definir critérios e procedimentos normalizados de manutenção;
- Garantir o emprego efetivo dos recursos disponíveis;
- Documentar a informação relacionada com a manutenção;
- Melhorar a manutibilidade e a fiabilidade do material através da análise e exploração da informação disponível;

- Identificar e reduzir os custos de manutenção.

De maneira a ser possível realizar o objetivo do SGM, pode-se afirmar que foi baseado em 3 componentes:

- Planeamento
- Execução
- Informação

2.5.1 Planeamento

O planeamento especifica as necessidades e os procedimentos de manutenção, bem como a distribuição ao longo do tempo e a carga de trabalho decorrente das necessidades de manutenção, considerando os critérios de custo/eficácia, os recursos técnicos disponíveis, os orçamentos e as necessidades operacionais. O planeamento da manutenção compreende:

- O Sistema de Manutenção Planeada;
- Os ciclos de manutenção dos meios navais;
- O plano de imobilização dos meios navais (PIMN), efetuado de acordo com um Ciclo Anual e um Calendário de Planeamento;
- Os programas das ações de manutenção inseridas no PIMN.

O planeamento da manutenção é desenvolvido em: planeamento do ciclo, planeamento trimestral e planeamento semanal. O planeamento do ciclo de manutenção representa a manutenção preventiva a realizar durante o Ciclo de Manutenção. O ciclo de Manutenção é o período de vida útil do navio

2.5.2 Execução

A execução tem como objetivos a concretização do planeamento e o controlo da execução, que engloba as ações necessárias de acompanhamento do processo de execução. O controlo da execução para além de ser compreendida pelo controlo dos

prazos, também é compreendida pelo controlo de qualidade e o controlo de custos. Sendo assim a Execução compreende:

- A determinação das necessidades de manutenção;
- A obtenção e a execução do esforço fabril ou oficial;
- O fornecimento dos artigos necessários à execução dos trabalhos;
- A coordenação;
- O controlo de execução (englobando prazos, qualidade e custos);

2.5.3 Informação

O SRTD é o sistema de informação logística correspondente à função manutenção. Este, articula-se com os outros sistemas de informação de gestão da área do material que constituem o Sistema Integrado de Informação do Material. Sendo assim a Informação compreende:

- A recolha;
- O tratamento;
- A análise;
- A difusão de dados de manutenção.

2.6 Sistema de Manutenção Planeada

A manutenção das Unidades Navais, Unidades Auxiliares de Marinha e outros meios de ação naval, durante o seu período de vida útil, é organizada através do Sistema de Manutenção Planeada (SMP), que tem como objetivo fundamental a obtenção dos coeficientes de disponibilidade operacional previstos para o material, com graus de fiabilidade aceitáveis. Este objetivo deverá ser conseguido com a maior economia possível (ILDINAV 802, 1998). No âmbito de cumprir com os objetivos do SMP, este é constituído por:

- Programas de Manutenção preventiva que, ajustados a cada meio naval, estabelecem de forma objetiva quais são os itens a manter, o tipo de

manutenção a executar, a frequência de execução, os meios necessários e as instruções necessárias para a execução dessas intervenções;

- Métodos de planeamento a três níveis - ciclo, trimestral e semanal - para que cada unidade naval possa melhor organizar a execução das tarefas de manutenção necessárias, considerando sempre a disponibilidade operacional;
- Métodos de controlo em vários níveis que podem assumir formas diferentes, entre as quais inspeções e auditorias técnicas.

Posto isto, o SMP que é, como já mencionado, um dos componentes do SGM, tem como objetivos:

- A definição das ações e dos procedimentos normalizados de manutenção, e pretende responder a simples questões fulcrais:
 - O que há a fazer?
 - Quando se executa?
 - Quem é o executante?
 - Como se executa?
- Organizar de forma sistemática os elementos necessários para o planeamento de manutenção de navios, baseando-se nas suas condições atuais.

De acordo com o ILDINAV 802, o SMP para ser funcional tem de ter um vasto suporte documental, de maneira a explicitar quais os sistemas ou equipamentos que vão ser sujeitos a manutenção. Sendo assim existem vários documentos que informam os requisitos de manutenção, a forma desta ser realizada. Os documentos que servem de base para o SMP são os seguintes:

- Programa de Manutenção (PROGMAN);
- Cartas de Manutenção (CARM);
- Fichas de Trabalho (FIT);
- Ficha de Relato de Manutenção (FREM);
- Lista de Material de Substituição (LIMS);
- Lista de Equipamentos de Manutenção Semelhantes (LEMS).

2.6.1 Programa de Manutenção

O Programa de Manutenção ou PROGMAN é a entidade documental autónoma que identifica o conjunto de CARM's. Este é capaz de identificar quais os documentos em vigor para cada CARM, e ainda os sistemas ou equipamentos são ordenados pelo código de identificação das CARM's. Conjunto de todas as cartas de manutenção que dizem respeito a um meio naval, e de outros elementos necessários ao planeamento, execução e controlo da sua manutenção preventiva (ILA 5, 1997)

2.6.2 Carta de Manutenção

A Carta de Manutenção (CARM) de um sistema ou equipamento contém as ações de manutenção que integram o ciclo de manutenção agrupadas em rotinas que são as FIT. A CARM indica ordenadamente o tipo das ações de manutenção e no que estas consistem, a periodicidade para ser realizada e o pessoal executante. Posto isto, respondem-se a três das quatro perguntas fundamentais do objetivo do SMP:

- O que há a fazer?
- Quando se executa?
- Quem é o executante?

Na CARM aparece a periodicidade de execução descrita por um código, este código pode ser “de tempo corrido” ou de “situação”. No caso de ser de tempo corrido, é simbolizado por uma letra, ou então também pode ser adicionado um número antes ou depois dessa letra, simbolizando duas ações distintas. Se for antes simboliza que a rotina é efetuada entre “x” meses, trimestres, anos, etc. Se for usada depois indica as rotinas que são referenciadas na CARM. As letras usadas podem ser:

- Diária (D);
- Semanal (H);
- Mensal (M);
- Trimestral (T);
- Semestral (S);

- Anual (A);
- Cíclica (C).

Por outro lado, o código de situação é simbolizado pela letra R, também pode ser constituído por números depois. Este código é sempre utilizado quando uma ação de manutenção dependa de uma necessidade.

Ainda existem outros três tipos de códigos, que são: Código de Situação e Tempo Decorrido, Código de Tempo Decorrido e Situação e Código não programável. Os dois primeiros são códigos compostos, que são uma mistura dos apresentados anteriormente, em que são separados por um hífen (ex: M2-R), em que a condição que acontecer primeiro determina a ação. O código não programável simbolizado pela letra N, e é usado quando as FIT's em que o trabalho não obedece a nenhuma periodicidade.

Na CARM, como já mencionado, também aparece o pessoal que realiza as ações, é simbolizado pelo posto e especialidade do pessoal de bordo ou Unidade de Apoio ou ainda em estaleiro ou algo com qualificações técnicas semelhantes.

Este documento refere ainda o número médio de Homem*hora (H*h), necessários para realizar as operações de manutenção. Por último, a CARM constitui o documento principal do sistema, e é fundamental no planeamento. No anexo K esta apresentada uma CARM.

2.6.3 Ficha de Trabalho

A FIT é um documento referido na CARM que descreve a execução pormenorizada da ação de manutenção, para além disso contém as ferramentas a serem utilizadas, bem como os sobresselentes que são necessários. A FIT refere precauções a tomar durante todo o processo da ação de manutenção, como também precauções antes e depois da ação. Este documento responde à última questão dos objetivos do SMP, "Como se executa?". A FIT pode conter provas a efetuar num dado equipamento descrito pormenorizadamente tal como se fosse uma ação de manutenção. A FIT refere ainda a identificação dos sobresselentes previstos usar, ou

remete o executante para o LIMS, que é o documento que estão identificados. No anexo L está apresentada uma FIT.

2.6.4 Ficha de Relato de Manutenção

A FREM é o documento que serve para registrar parâmetros observados durante o trabalho de manutenção, inclusive no documento está escrito os parâmetros normais, de alarme e limite, para mais fácil deteção. Depois de realizada a intervenção de manutenção a FREM, é enviada para a DN. No anexo M está apresentada uma FREM.

2.6.5 Lista de Material de Substituição

A LIMS é o documento que descreve os sobressalentes que podem vir a ser usados durante a ação de manutenção. Este documento refere se a substituição é sempre efetuada, ou apenas algumas vezes, sendo assim foi atribuído um fator de probabilidade de consumo (Fp em %) ou seja se o fator de consumo for 100% é substituição sistemática, qualquer valor abaixo é substituição provável. A LIMS é fundamental para gestão de sobressalentes da Marinha e na preparação da ação de manutenção. A LIMS identifica o sistema ou equipamento, a ação de manutenção, o manual da identificação do material, o código do equipamento, e o Número de Gestão do Sistema de Abastecimento. No anexo N está apresentada uma LIMS.

2.6.6 Lista de Equipamentos de Manutenção Semelhante

A LEMS é o documento que descreve como se configura o material objeto de manutenção, refere também, para cada UN, o departamento ou o serviço técnico de bordo e os serviços subsidiários, na gestão da manutenção e na sua execução, respetivamente. No anexo x está apresentada uma LEMS.

Em síntese: o SGM não impõe nenhuma política geral de manutenção; estas são definidas pelas CARM específicas em resultado de estudos de custos /benefícios. O que o SGM garante é a normalização, a eliminação de redundâncias, a utilização da

experiência e boas práticas testadas pela experiência passada, evitando a “contínua reinvenção da roda” e que a experiência da organização é tida em conta e posta ao serviço da atividade futura.

2.7 Sistema de Recolha e Tratamento de Dados

O SRTD deve registar todos os dados envolvente tais como: históricos, técnicos, económicos e operacionais, o que vai permitir transformá-los em tempo e informação útil nas tarefas de gestão da manutenção. Este sistema deve também registar toda a experiência da utilização do material naval, de maneira a potenciar estudos estatísticos válidos, com elementos de tomada de decisão, possibilitando assim um estabelecimento de políticas de manutenção adequadas.

Abaixo ficam descritos alguns exemplos de análises quantitativas e menos rotineiras que são possíveis de obter através do SRTD (ILMANT512, 1984):

- Análise de mão de obra - distribuição da mão de obra segundo a natureza, grau e tipo de intervenção envolvido durante o período de tempo pré-estabelecido;
- Análises de fiabilidade operacional - caracterização dos tempos entre as avarias para equipamentos, sistemas, conjuntos ou partes pré-estabelecidas;
- Análise de manutibilidade - caracterização dos tempos necessários à realização de certas operações normalizadas ou não normalizadas;
- Análise do custo da Manutenção - por ano, navio, sistema, subsistema ou componente.

O SRTD é baseado em três impressos de recolha de dados de manutenção, que devem ser preenchidos pelas unidades. Estes impressos são o DSM 58, o DSM 59 e o DSM 60.

O DSM 58 tem funções atribuídas de forma a ajudar na preparação do trabalho por entidades fabris ou equivalentes (ILMANT 512, 1984):

- Relato de intervenções preventivas;

- Relato de intervenções corretivas (avarias);
- Relatório anual alusivo aos equipamentos;
- Relatos diversos;
- Descrição de trabalhos a requisitar a organismos fabris;
- Requisição de trabalhos aos SAO's das Bases;
- Resumos de documentação técnica com relevo para o navio;
- Requisição de trabalhos entres os serviços de bordo.

O DSM 59 destina-se a relatar mensalmente certos elementos estatísticos necessários à gestão de manutenção e, em particular, elementos acerca dos equipamentos selecionados em cada navio que permitam ir detetando e configurando áreas de problemas do material e a obtenção de parâmetros necessários à gestão da manutenção a longo prazo (ILMANT 512, 1984).

O DSM 60 tem como objetivo fundamental deste modelo é o de documentar o consumo de sobressalentes nas intervenções com vista a possibilitar a determinação precisa dos sobressalentes (qualidades e quantidades) que se gastam nos diversos trabalhos normalizados de manutenção preventiva ou corretiva e ainda a determinação dos sobressalentes necessários para fazer face a avarias (ILMANT 512, 1984).

3. Análise de Risco

3.1 História

A história da análise de risco remonta às civilizações antigas, onde os primeiros humanos enfrentavam vários riscos diariamente. No entanto, o estudo formal da análise de risco começou no século XVII com o desenvolvimento da teoria da probabilidade por matemáticos como Blaise Pascal e Pierre de Fermat (Covello, 1984).

Durante os séculos XVIII e XIX, o foco mudou para o seguro e a ciência atuarial, com o desenvolvimento de técnicas para avaliar e gerenciar riscos associados ao comércio marítimo e outras atividades econômicas (Covello, 1984).

No século XX, a análise de risco expandiu seu escopo para incluir vários domínios, como engenharia, finanças e saúde pública. A introdução da teoria da decisão e da estatística impulsionou ainda mais esta área em constante desenvolvimento (Covello, 1984).

Um marco significativo na história da análise de risco foi a publicação do livro "Risco, Incerteza e Lucro" de Frank Knight em 1921. Knight distinguia entre risco, que é mensurável e pode ser quantificado, e incerteza, que não pode ser totalmente medida ou prevista (Covello, 1984).

Nos últimos anos, houve avanços significativos na análise de risco, com a incorporação de métodos computacionais, análise de dados e inteligência artificial. Esses avanços melhoraram a capacidade de avaliar e gerir riscos em sistemas complexos e ambientes incertos (Aven,2016).

Em geral, a história da análise de risco mostra a evolução contínua de técnicas e teorias para entender, avaliar e gerir os riscos em diversas áreas, contribuindo para o desenvolvimento das organizações.

3.2 Conceito base

De modo a realizar-se uma análise de risco é necessário determinar-se alguns conceitos, designadamente o conceito de risco, que de acordo com a ISO 31000:2018 é o efeito de incerteza em objetos, esta incerteza pode ser positiva ou negativa ou ambas.

A gestão do risco compõe atividades coordenadas para controlar uma organização no que respeita a riscos. (ISO 31000, 2018)

Um acontecimento é a ocorrência ou alteração de um conjunto de circunstâncias, sendo que pode ser um ou mais acontecimentos, como também uma ou mais circunstâncias, e ainda os acontecimentos pode ser algo inesperado ou esperado de ocorrer. (ISO 31000, 2018)

Uma consequência é o resultado de um acontecimento, afetando assim os objetos. Tendo em consideração que a consequência pode afetar os objetos diretamente ou indiretamente, pode ter efeitos positivos ou negativos e ainda pode ser certa ou incerta. (ISO 31000, 2018)

A análise de riscos é um processo que visa identificar, avaliar e controlar os riscos que podem afetar negativamente um projeto, empresa ou organização. O processo envolve a identificação de possíveis riscos, a análise de sua probabilidade de ocorrência e a avaliação de seu impacto.

O objetivo é identificar e gerir os riscos de forma eficaz para minimizar os efeitos negativos e maximizar os benefícios. O processo de avaliação de riscos também pode ajudar a identificar oportunidades para melhorar o desempenho do projeto ou organização.

- Análise de Riscos: É uma importante ferramenta de gestão de riscos que permite a um gestor tomar decisões informadas sobre a melhor forma de mitigar riscos;
- Identificação de riscos: É o processo de reconhecer e documentar os riscos existentes num ambiente de negócios. Este processo envolve avaliar os

riscos, identificar suas fontes e determinar o potencial impacto que pode ter sobre o negócio;

- **Avaliação de Riscos:** É o processo de determinar o nível de risco para o negócio. Este processo envolve a análise dos riscos identificados e a avaliação do potencial impacto, bem como a definição de medidas apropriadas para mitigar os riscos identificados;
- **Controle de Riscos:** É o processo de implementar medidas para mitigar os riscos identificados. Estas medidas podem incluir a realização de análises de risco, a implementação de políticas de segurança, a implementação de medidas de treino e a realização de auditorias.

3.3 Metodologia de avaliação de riscos

Os métodos podem ser qualitativos, quantitativos ou semi-quantitativos (nestes destacam-se as técnicas matriciais, como sendo as mais frequentemente usadas).

Os métodos qualitativos descrevem, sem chegar a uma quantificação global, os pontos perigosos de uma instalação e as medidas de segurança existentes, sejam de tipo preventivo ou de proteção. Este tipo de método é adequado para estimar situações simples, cujos perigos possam ser facilmente identificados através da observação (Reis, 2015).

São adequados para avaliações simples ou podem ser concluídos posteriormente com outros métodos diferentes. Descrevem ou esquematizam os fatores de risco e medidas preventivas ou corretivas, mas não efetuam quantificação.

Os métodos quantitativos, quantificam o que pode acontecer e atribuem um valor à probabilidade e à severidade, com recurso a técnicas sofisticadas de cálculo e a modelos matemáticos. Também aqui se podem distinguir diversos tipos de análise. Baseiam-se num modelo matemático, em que se atribui um valor numérico aos diversos fatores que causam ou agravam o risco, bem como aqueles que aumentam a segurança, permitindo estimar um valor numérico para o risco efetivo (Cabral, 2010).

A quantificação da gravidade usa modelos matemáticos de consequências. Contudo, estas técnicas podem ser complexas, trabalhosas e dispendiosas (além de exigirem dados prévios fiáveis e representativos).

Elas quantificam o risco através da probabilidade de ocorrência e respetiva valorização, por vezes também estimando os danos esperados. Neste grupo podem ser citados a FMEA, FMECA, método de Gretener.

Os métodos semi-quantitativos atribuem índices às situações de risco identificadas e estabelecem planos de atuação tais como o Método da Matriz e o Método de William Fine. Quando a avaliação pelos métodos qualitativos é insuficiente, é preferível optar pelos métodos semi-quantitativos, visto que os métodos quantitativos são complexos e não justificam os custos que lhe estão associados (Carvalho, 2007).

Essa escala e valores podem ser tabelados e usados para avaliar e estimar o risco de forma mais específica. A análise semiquantitativa permite identificar e gerir os riscos de forma eficaz, pois aumenta a visibilidade e auxilia na priorização das ações a serem tomadas.

3.3.1 Failure Mode and Effects Analysis

A FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) é uma ferramenta de análise de falhas usada para identificar, avaliar e dar prioridade aos modos de falha e aos seus efeitos para melhorar a qualidade e a segurança dos produtos, processos e serviços.

A FMEA tradicional é uma técnica importante que é utilizada para identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais para melhorar a fiabilidade e a segurança de sistemas complexos e tem como objetivo fornecer informações para a tomada de decisões de gestão de riscos (Nuchpho, 2014).

A FMEA da manutenção é usada para identificar e avaliar os modos de falha que podem ocorrer devido a atividades de manutenção nos sistemas.

A FMEA é uma metodologia para maximizar a satisfação do cliente, eliminando e/ou reduzindo problemas conhecidos ou potenciais. Para isso, a FMEA deve começar

o mais cedo possível, mesmo sem conhecer todos os factos e informações. A FMEA tem como lema: Faça o melhor que puder, com o que tem (Stamatis, 2003).

Normalmente uma pessoa é responsável pela coordenação do processo, a base do processo FMEA baseia-se na equipa. O objetivo da criação de uma equipa na FMEA é a utilização de diversas opiniões e conhecimentos de diferentes pessoas. Uma vez que cada processo diz respeito a determinados aspetos de um produto, as equipas de FMEA são formadas quando necessário e, quando o projeto FMEA está concluído, estas equipas são dissolvidas (Damanab, 2015).

Cada equipa FMEA tem um objetivo e uma responsabilidade específicos, pelo que não é necessário manter uma equipa FMEA permanente. (Stamatis, 2003).

Esta análise pode seguir dois caminhos:

- Utilizando dados históricos, pode ser efetuada uma análise de dados semelhantes para produtos e/ou serviços semelhantes, dados de garantia, reclamações de clientes e qualquer outra informação adequada disponível, para definir falhas;
- Utilizando estatísticas inferenciais, modelação matemática, simulações, engenharia simultânea e engenharia de fiabilidade na identificação e definição de falhas.

A análise FMEA da manutenção é uma técnica de gestão de riscos que identifica e avalia potenciais problemas relacionados com atividades de manutenção. O objetivo é prevenir ou reduzir a probabilidade de falhas dos equipamentos, melhorar a qualidade dos serviços e produtos e evitar interrupções no processo. A FMEA da manutenção ajuda os profissionais de manutenção a identificar possíveis problemas antes que eles ocorram.

Qualquer FMEA realizada de forma adequada e apropriada fornecerá informações úteis que podem reduzir o trabalho a realizar, o risco no sistema, projeto, processo e serviço. Isso é porque é uma técnica lógica e progressiva de análise de falha

potencial que permite que o trabalho seja realizado de forma mais eficaz (Stamatis, 2003).

O processo FMEA da manutenção começa com a identificação de todos os itens de manutenção que podem ser afetados pelo equipamento. Estes itens são então avaliados para determinar quais modos de falha podem ocorrer e quais efeitos ocorrerão se os modos de falha acontecerem.

Os modos de falha e os seus efeitos são então classificados de acordo com a probabilidade de ocorrência e o grau de severidade. A probabilidade de ocorrência é a possibilidade de acontecer um modo de falha específico, enquanto o grau de severidade é a magnitude dos efeitos que ocorrerão se o modo de falha ocorrer. (Stamatis, 2003)

Os resultados da análise FMEA da manutenção são então usados para dar prioridade aos problemas identificados. Os problemas de maior prioridade são então abordados primeiro para evitar ou reduzir os efeitos dos modos de falha.

As ações corretivas recomendadas podem incluir treino adicional para o pessoal de manutenção, mudanças nos métodos de manutenção, melhorias nas ferramentas e equipamentos, mudanças no processo de manutenção.

A FMEA da manutenção também pode ser usada para determinar se é melhor corrigir, substituir ou manter os equipamentos. Além disso, pode ser usada para determinar qual a melhor maneira de gerir os recursos de manutenção e melhorar a eficiência da manutenção.

De acordo com Stamatis, 2003 a FMEA identificará as medidas corretivas necessárias para impedir que falhas cheguem ao cliente, assegurando assim a maior durabilidade, qualidade e fiabilidade possíveis em produtos ou serviços. Uma boa FMEA:

- Identifica os modos de falha conhecidos e potenciais;
- Identifica as causas e efeitos de cada modo de falha;

- Prioriza os modos de falha identificados de acordo com o número de prioridade de risco (RPN) - resultado da frequência de ocorrência, severidade e detecção;
- Prevê a monitorização do problema e ação corretiva.

De acordo com Yoe, (2019) o método FMEA é um método de análise de falhas utilizado para identificar e prevenir potenciais falhas e defeitos em processos, produtos e serviços. O método às vezes é dito consistir numa Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) que pode ser seguido por uma análise de criticidade (FMECA). Ambas as técnicas identificam os modos como os componentes ou sistemas podem não atingir os níveis de desempenho projetados. Estas técnicas identificam:

- Todos os modos potenciais de falha das diferentes partes de um sistema;
- Os efeitos que essas falhas podem ter no sistema;
- As causas das falhas;
- Como evitar as falhas e/ou mitigar os efeitos da falha no sistema.

Geralmente uma FMEA tem 3 parâmetros associados a cada modo de falha, este são: Severidade(S), Ocorrência(O) e a Probabilidade de um erro não ser detetado(D). - Normalmente estes parâmetros podem ser avaliados de 1 a 5, ou de 1 a 10.

De acordo com Sant'Anna et al, (2015) no caso da FMEA em que um conjunto de diferentes especialistas registam os seus julgamentos numa escala, que foi estabelecida como 1 a 5, pode condizer melhor à realidade do processo de avaliação.

Após cada modo de falha ser avaliado, a partir de uma equação que realiza o produto dos 3 parâmetros, obtém-se o RPN (risk priority number), em que números elevados indicam um maior risco associado e números mais baixos indicam menores riscos associados.

Segundo Dailey, (2004), pode-se ainda personalizar o FMEA utilizando critérios particulares, esta personalização é um complemento importante ao FMEA por considerar atributos exclusivos de cada projeto.

De acordo com Yoe, (2019) uma FMEA identifica oportunidades para falhas ou "modos de falha" em cada etapa do processo. Cada modo de falha recebe uma pontuação numérica que quantifica: a probabilidade de que a falha ocorra, a probabilidade de que a falha não seja detectada, a quantidade de danos ou danos que o modo de falha pode causar a uma pessoa ou a equipamentos.

O produto destas três pontuações é o RPN para esse modo de falha. No caso de haver um empate em termos numéricos no RPN, têm de existir critérios de desempate, ou seja, tem de se realizar a avaliação de qual poderá ocasionar mais riscos. Então terá de se dar preferência a qual dos critérios será mais importante, sendo que a severidade será o critério mais importante, pois em caso de falha catastrófica o próprio sistema poderá ficar em risco.

Se houver mais do que duas falhas com o mesmo RPN, abordar-se-á primeiro a falha de maior severidade e, em seguida, a deteção.

A prioridade é dada à severidade, pois diz respeito aos efeitos da falha, e de seguida à deteção que é mais importante do que quantas vezes ocorreu falha (Stamatis, 2003).

Stamatis em 2003 realçou que existem 4 tipos de FMEA: System FMEA, que são usados para analisar o sistema em fase de conceção e design, Design FMEA é usada para produtos antes de serem fabricados, Process FMEA é usada em manutenção ou manufatura, foca-se nas falhas durante o processo e por último Service FMEA é usada antes do produto chegar ao seu destino final.

No caso da presente dissertação de mestrado o tipo de FMEA utilizado será obviamente o "Process FMEA", ao realizar este processo, poderá ser cumprido: (Stamatis, 2003)

- Uma lista potencial de modos de falha classificada por RPN
- Uma lista potencial de características críticas e/ou significativas

Os benefícios do "process FMEA" são: (Stamatis 2003)

- Identificar deficiências nos processos e oferece um plano de ação corretivo;

- Identificar as características críticas e/ou significativas e ajuda na criação de planos de controle;
- Estabelecer uma prioridade de ações corretivas;
- Auxiliar na análise do processo de fabricação ou montagem;
- Documentar a motivação para alterações.

Uma FMEA, é um bom método para realizar avaliações de risco, mas como tudo, tem pontos fortes e pontos fracos.

Em relação aos pontos fortes: a capacidade de identificar os modos de falha dos componentes, as suas causas e os seus efeitos no sistema, pode evitar a necessidade de modificações caras de equipamentos, componentes e projetos em serviço identificando problemas desde cedo na fase de desenvolvimento, a confiabilidade do sistema e redundâncias podem ser melhoradas com este processo e por fim o processo é útil para o desenho de protocolos de teste quando os modos de falha tiverem sido antecipados (Yoe, 2019).

Enquanto os pontos fracos: não é útil quando se consideram combinações de modos de falha, pode tornar-se dispendioso, demorado e frequentemente é difícil e tedioso quando aplicado a sistemas complexos em camadas (Yoe, 2019).

O grande objetivo da FMEA é tentar reduzir ao máximo as falhas ocorridas, isto pode ser conseguido se a FMEA for contínua, ou só mesmo se a avaliação do risco for contínua, pois podem ser usados outros métodos para cumprir com o objetivo de reduzir as falhas.

3.3.2 Failure Mode, Effects and Criticality Analysis

A FMECA, é um processo de avaliação de riscos, que tem a capacidade de combinar dois processos de avaliação, a FMEA e a Criticality analysis (CA), ou seja para além de realizar o processo e a avaliação da FMEA, também realiza uma análise crítica aos resultados da FMEA.

Uma FMECA inclui a classificação de cada modo de falha de acordo com a influência combinada da gravidade das suas consequências, da sua probabilidade de

ocorrência e da sua possibilidade de detecção. Isto pode ser feito com um número de prioridade de risco (Yoe, 2019).

As ações de gestão do risco são definidas para reduzir os efeitos ou a sua probabilidade de ocorrência ou para aumentar a detetabilidade do modo de falha antes da sua ocorrência.

Estas ações devem minimizar a ocorrência dos modos de falha mais significativos. Uma comparação entre os RPN fornece uma base semi-quantitativa para avaliar o plano de ação (Yoe, 2019).

De acordo com IIT Research Institute, 1993 a FMECA tem como objetivo identificar as falhas possíveis de um sistema e as consequências que tais falhas poderão provocar. Os resultados da FMECA:

- Destacam as falhas de único ponto que exigem ação corretiva;
- Classificam cada falha de acordo com a gravidade da classificação do efeito da falha no sucesso da missão e na segurança de pessoal/equipamento;
- Fornecem estimativas de taxas críticas de falha do sistema;
- Fornecem uma classificação quantitativa dos modos de falha do sistema ou sub-sistema;
- Identificam componentes críticos para fiabilidade/segurança.

Além disso, a FMECA também:

- Determina os efeitos de cada modo de falha no desempenho do sistema;
- Fornece dados para desenvolver análises de árvore de falhas e diagramas de bloco de confiabilidade;
- Fornece uma base para identificar causas raízes de falha e desenvolver ações corretivas;
- Facilita a investigação de alternativas de design para considerar alta confiabilidade nas etapas conceituais do projeto;
- Auxilia no desenvolvimento de métodos de teste e técnicas de solução de problemas;

- Fornece uma base para análise qualitativa de confiabilidade, manutenibilidade, segurança e logística.

A FMECA é composta por uma análise FMEA juntamente a uma análise de criticidade. Com isso é possível obter um Risk Priority Number (RPN) com base na gravidade da consequência de cada falha. As seguintes aplicações devem ser usadas ao utilizar este método: (Baran, 2011)

- Entender a função do sistema escolhido, seu modo de operação, subsistemas, componentes e peças envolvidas;
- Estabelecer a profundidade da análise quanto ao nível hierárquico do sistema;
- Identificar cada item a ser analisado;
- Identificar todos os possíveis modos de falhas para cada componente em análise;
- Determinar o efeito de falha de cada item para cada modo de falha;
- Determinar o efeito das falhas em um contexto do sistema local, sistemas auxiliares e níveis superiores do sistema;
- Identificar causas potenciais para os modos de falhas de cada componente;
- Listar os métodos, procedimentos e ferramentas para a detecção de possíveis falhas;
- Determinar a gravidade de cada modo de falha;
- Estimar frequência ou probabilidade de ocorrência do modo de falha em um período determinado.

A FMECA facilita a identificação de áreas de potenciais problemas de fiabilidade de design que devem ser eliminados ou cujos efeitos devem ser minimizados, através de modificação de design ou compensações.

As informações e conhecimentos adquiridos ao executar a FMECA também podem ser usados como base para atividades de solução de problemas, desenvolvimento de manuais de manutenção e design de técnicas de teste embutidas eficazes. A FMECA fornece informações valiosas para a análise da manutenibilidade, segurança e logística.

Na análise de FMECA, existe a possibilidade de se realizar uma análise de manutenção, esta fornece critérios para realizar o planeamento da manutenção, análise de suporte logístico e planeamento de teste e identificar recursos que necessitem de manutenção de ação corretiva.

Esta análise de manutenção, tal como a FMECA e já mencionado anteriormente, utiliza dados da FMEA, sendo assim, é necessário um documento ou algo equivalente, que mencione todas as informações:

- Número de Identificação do Item (idêntico à FMEA, para rastreabilidade);
- Nomenclatura do Item;
- Função;
- Modo de Falha da FMEA;
- Modo de Falha de Engenharia (Causas de Falha da FMEA);
- Efeitos da Falha (Local, Próximo Mais Alto, Fim);
- Classe de Gravidade;
- Fase da Missão;
- Disposições Compensatórias;
- Método de Detecção de Falhas.

3.3.3 Matriz de risco

A Matriz de Riscos é uma abordagem estruturada que identifica quais os riscos mais críticos para um programa e fornece uma metodologia para aceder aos impactos de um risco (Garvey, 1998).

A Matriz de Risco permite a pesquisa do nível de risco para um evento ou tipo de risco, usando os correspondentes níveis de impacto e probabilidade de ocorrência estimados (Baybutt, 2015).

Deste modo, uma das maneiras mais eficazes de analisar e avaliar os riscos é com a utilização de uma Matriz de Risco, que permite definir quais os riscos que merecem maior atenção e as decisões a tomar em relação a cada um deles, considerando o seu impacto e a sua verossimilhança. Uma Matriz de Risco pode também ser definida

como um “mecanismo para caracterizar e classificar os riscos que são facilmente identificados” (Markowski et al., 2008).

A Matriz de Risco é um processo de análise de risco com relativa simplicidade para tomar decisões, devido aos seus resultados, ou seja, quanto maior o número, maior será o risco associado. A matriz fornece uma apresentação relativamente fácil para se conseguir distinguir diferentes riscos, para além disso pode ainda comparar riscos com diferentes consequências.

As formulações específicas de matrizes de risco em diferentes aplicações podem variar, mas os princípios básicos permanecem os mesmos, isto é, os riscos são avaliados geralmente através da consequência e probabilidade (Bao et al., 2017)

Na matriz de risco efetuada foram determinados os parâmetros necessários para a realização de uma análise bem efetuada tendo em conta as necessidades da Marinha, e tendo em conta análises de risco sobre manutenção.

É habitual identificar três a cinco categorias para cada dimensão do risco. As definições das categorias de probabilidade e de consequência devem ser tão claras e inequívocas quanto possível (Yoe, 2019)

Depois de se realizar a escolha dos parâmetros, segue-se a classificação dos mesmos, tendo em conta dados que possam ser fornecidos, e também por experiências laborais.

De seguida, a recolha de provas para apoiar a classificação para a classificação da probabilidade e consequência de cada risco potencial torna-se a base desta técnica de avaliação baseada em provas. É prática comum começar por selecionar a categoria de consequência máxima credível que melhor se adapta à situação, identificando depois a probabilidade de essas consequências ocorrerem. (Yoe, 2019)

O resultado deste processo é uma lista de potenciais itens de risco atribuídos individualmente a uma célula da matriz, cada um dos quais tem uma classificação de probabilidade e consequência que foi documentada com base nas provas disponíveis.

4. Caso de Estudo

4.1 Metodologia

De modo a concretizar a análise de risco, foi necessário usar uma metodologia acertada consoante o caso de estudo a ser realizado. Sendo assim de modo a ser mais perceptível, a metodologia usada é apresentada na figura 5.

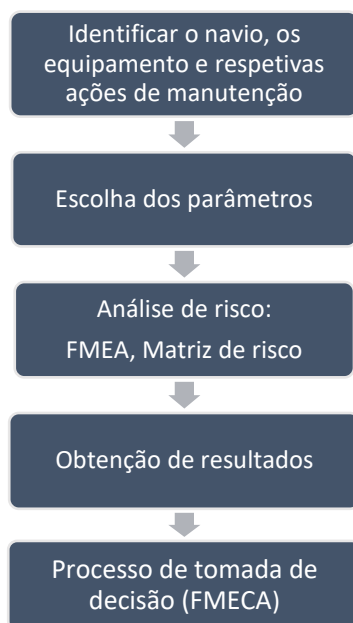


Figura 5 - Metodologia

Em primeiro lugar, de forma a iniciar a análise de risco, é necessário escolher um navio da Marinha Portuguesa, de seguida escolhe-se os sistemas a serem abordados na presente dissertação de mestrado. Com isto, identifica-se as ações de manutenção a serem realizadas para cada sistema abordado.

De seguida, realiza-se a escolha dos parâmetros adequados para a análise de risco, tendo em conta diversos fatores que serão abordados posteriormente. Após a escolha dos parâmetros, realiza-se a análise de risco.

Por fim, obtém-se os resultados e toma-se decisões, é necessário salientar que é um processo que depois de ser realizado, pode ser necessário voltar ao início devido à possibilidade de melhorias que possam ser realizadas

4.2 Descrição dos Sistema Abordados

Para a realização deste trabalho foi necessário escolher um determinado navio e definir quais os sistemas a ser abordados. Deste modo:

- O navio escolhido foi da Classe “Viana do Castelo”, o NRP Viana do Castelo;
- Os sistemas serão: Motor Diesel Propulsor, Motor Elétrico Propulsor, Caixa Redutora, *Control Pitch Propeller* (CPP), Linha de Veios, GEE, Chumaceira dos Veios da Propulsão, Hélices, Compressor de Ar e o Ar-Condicionado, estes sistemas são considerados sistemas vitais de um navio, ou seja, são de extrema importância, tanto para o cumprimento da missão, como para salvaguardar o navio e a guarnição.

O navio tem de comprimento de 83,1 metros, um deslocamento médio de 1850 toneladas, boca máxima de 12,95 metros e um calado de projeto de 3,83 metros. Apresenta uma velocidade máxima de 21 de nós e uma guarnição composta por 42 pessoas, podendo variar consoante a missão.

É de salientar que a Instalação Propulsora do navio é do tipo CODOL (*Combined Diesel or Electrical motor*) ou Combinação Diesel ou Motor Elétrico. Em primeiro lugar vão ser apresentados e descritos os componentes da Instalação Propulsora:

- 2 Motor Diesel Propulsor (WARTSILA W12V26A2);
- 2 Motor Elétrico Propulsor (MARELLI MOTOR B5M 355 LD6);
- 2 Caixa Redutora (WARTSILA SCH61V61-SDC48);
- 2 Linda de Veios (inclui chumaceiras e vedantes);
- 2 Hélice de Passo Variável (WARTSILA HPP2-15-1123).

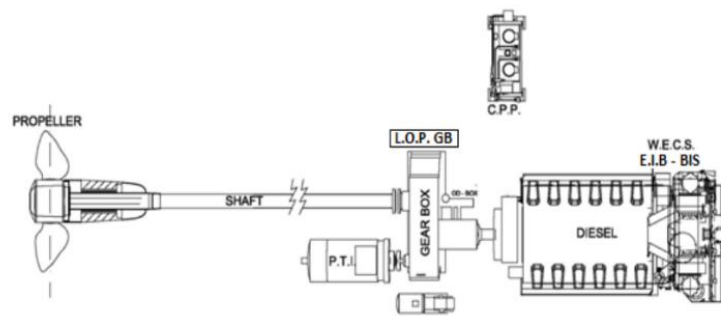


Figura 6-Instalação Propulsora do NRP Viana do Castelo (Fonte: Manual da Instalação Propulsora, 2010)

Todas as instalações propulsoras funcionam a partir do trabalho realizado pelos motores propulsores, este trabalho é transmitido através das caixas redutoras e das linhas de veios, às hélices de passo variável. De seguida é transformado em impulso, a partir das chumaceiras de impulso existentes nas caixas redutoras, que transmitem para o casco do navio, fazendo com que se mova. Com esta instalação de passo variável é possível modificar a intensidade e o sentido do impulso, logo pode-se controlar a velocidade e o sentido para onde o navio se move.

A instalação pode ser conduzida—local ou remotamente, nos painéis de operação local, ou a partir das consolas de comando e controlo existentes na Casa das Máquinas e na Ponte, respetivamente.

4.2.1 Motor Propulsor

Os motores propulsores são equipados com 12 cilindros em “V” e aspiração à casa, e foram projetados para que sejam alimentados com combustível naval destilado e centrifugado, também conhecido como “NATO F76” ou seu equivalente. A potência máxima por cilindro chega a 325 Kw, perfazendo uma potência máxima de 3900 Kw, trabalhando numa faixa de rotações entre 470 rpm (ralenti) e 1000 rpm (máximo).

O sistema de água salgada de arrefecimento não é acionado através de bombas mecânicas, mas sim por eletrobombas, e por isso torna-se necessário o uso de energia elétrica para manter tal sistema. Dessa forma, em caso de falha de energia, é indispensável a monitoração cuidadosa dos fluidos circulantes no motor (água doce e óleo) para garantir a segurança do equipamento.

O motor propulsor contém 5 sistemas, que constituem circuitos internos de um fluido são:

- Circuito de ar de arranque e paragem;
- Circuito de ar de admissão e gases de evacuação;
- Circuito de água doce de circulação;
- Circuito de Combustível;
- Circuito de óleo de lubrificação.

O motor propulsor para realizar o seu funcionamento normal, para além de precisar dos seus circuitos internos, também necessita de circuitos externos, fundamentais para a operação, preparação e funcionamento ideal do motor. Os circuitos externos são os seguintes:

- Circuito de ar comprimido;
- Circuito de água doce de circulação;
- Circuito de água salgada de arrefecimento;
- Circuito de combustível;
- Circuito de óleo de lubrificação.

4.2.2 Motor Elétrico Propulsor

No NRP Viana do Castelo, existe outro meio de propulsão para além do motor diesel, o motor elétrico, este motor utiliza baixos regimes de velocidade (6-7 nós). O motor elétrico é um motor assíncrono trifásico do tipo B5M 355 LD 6, com velocidade constante (990 rpm) e uma potência de 300KW/525A, é alimentado por uma tensão de 400V/50Hz com índice de proteção IP55 e de classe S1. O motor pode ser alimentado diretamente por qualquer um dos quadros elétricos principais AV ou AR.

4.2.3 Caixa Redutora

A caixa redutora de modelo SCH61V61-SDC48, é constituída por 4 rodas dentadas principais, uma entrada para o motor diesel e para o motor elétrico (embraiagens multidiscos) e uma saída direta para o veio propulsor. O sistema de óleo

da caixa é composto por 2 circuitos, um de alta pressão (HP) e outro de baixa pressão (LP), destina-se ao comando hidráulico das embraiações, e destina-se à lubrificação da caixa, respetivamente, os circuitos correspondentes encontram-se no Anexo I.

Cada um destes circuitos contém uma bomba acoplada que alimenta o circuito, contém ainda uma eletrobomba de reserva, com dois componentes hidráulicos, um de HP, e outro de LP. Como é óbvio, é necessário realizar o arrefecimento do óleo da caixa, o arrefecimento da hélice de passo variável, arrefecimento do óleo dos estabilizadores, das chumaceiras do veio e do bucim do veio, existe uma bomba de água salgada acoplada. O circuito de refrigeração a partir de água salgada encontra-se no Anexo H.

Esta caixa redutora também contém um componente chamado de virador, que vai permitir que o veio rode a baixas rotações.

4.2.4 Linhas de Veios

De maneira a ser possível transmitir o trabalho proveniente da caixa redutora para os hélices, existe um sistema de linha de veios que vai possibilitar essa transferência. A linha de veios apresenta um veio com 3 quarteladas (veio propulsor, veio intermédio e veio do hélice) e um sistema de comando e controlo do passo variável. É de salientar que o óleo passa dentro da linha de veios devido ao facto do hélice ser de passo variável. A linha de veios é constituída por: Hélice de passo variável com 5 pás, Chumaceira da Aranha, Chumaceira da Manga, Bucim da Manga (ManeBar com Pneumostop), União SKF (une o veio intermédio ao veio do hélice), Chumaceira de apoio do veio n.º 2, Bucim de antepara (Casa dos Auxiliares AR), Freio, União de flange (une o veio propulsor ao veio intermédio), Chumaceira de apoio n.º 1, Medidor de "BINÁRIO", Bucim de antepara (casa da máquina), OD-BOX (caixa de distribuição do óleo do hélice de passo variável).

Um sistema de comando hidráulico é necessário para a linha de veios constituída por um hélice de passo variável, pois isso possibilitará a variação do ângulo de ataque das pás entre 35º AV e 25º AR. O sistema hidráulico consiste numa unidade que inclui um tanque de óleo, duas electrobombas redundantes, um arrefecedor de

óleo, uma bomba de óleo pneumática, um painel de comando das bombas e indicador de ângulo das pás, um bloco de válvulas de comando do sistema e diversos sensores. Além disso, na caixa redutora do veio propulsor é integrada a caixa de distribuição de óleo (OD-Box), a qual é usada para encaminhar o óleo aos canais existentes no interior do veio, a fim de possibilitar a execução das funções de “marcha AV” e “marcha AR”. No Anexo J encontra-se o circuito de óleo do CPP.

4.2.5 Ar-Condicionado

O sistema de ar-condicionado (AC) e ventilação do NRP Viana do Castelo, está dividido em quatro zonas verticais estanques, com o nome de Main Fire Zones, MFZ.

Ainda de forma introdutória, o sistema AVAC instalado está dividido nas seguintes áreas: espaços de máquinas, compartimentos com ar condicionado e compartimentos com ventilação especial. Nos compartimentos de espaços de máquinas apenas existe ventilação não havendo condicionamento do ar. Os compartimentos com ventilação especial, pela sua perigosidade ou especificidade requerem um sistema de ventilação dedicado composta por ventiladores e recirculadores com componentes antideflagrantes, não provindo o ar do sistema de distribuição de ar comum aos compartimentos com ar condicionado. Ainda assim, o condicionamento do ar nestes espaços ocorre através de água refrigerada ou aquecida, pelo que, estes sistemas devem ser tidos em conta. Concorrem para estes compartimentos: paiol das tintas, casa da caldeirinha, casa das garrafas de dióxido de carbono e paiol de munições

O sistema de ventilação do navio é responsável por alimentar com ar novo vários tipos de compartimentos, nomeadamente espaços de máquinas, compartimentos com ar condicionado e compartimentos com ventilação especial. Para isto o navio utiliza ventiladores e extratores axiais e centrífugos para aspiração do ar, condutas para o encaminhar e difusores para o fazer chegar aos espaços. A admissão de ar no navio é feita nas sete casas de ventilação que o constituem, e nas entradas de ar da chaminé para alguns espaços de máquinas. Existem, no entanto, alguns espaços que aspiram diretamente ao exterior (a aspiração de ar que alimenta a casa dos

auxiliares a ré, por exemplo). O ar de exaustão é aspirado nos compartimentos e extraído para o exterior nas casas de ventilação, na chaminé, ou, também através de ligações do navio com o exterior. Localizadas nas entradas de admissão de ar do navio estão instalados louvers (grelhas eliminadoras de gotículas de água salgada e humidade). Por outro lado, todas as comunicações de ar com o exterior (exceto aspirações para espaços de máquinas), ou entre anteparas estanques estão providas com válvulas de isolamento (podendo ser atuadas remotamente) de forma a evitar a propagação de fumos no caso de um incêndio ou de água no caso de um alagamento progressivo.

4.2.6 Geradores

O grupo eletrogéneo (GE) do NRP Viana do Castelo é constituído por quatro motores diesel VOLVO PENTA TAMD 165 A e por um alternador trifásico Newage/Samford HCM 534 E 1 associado a cada motor diesel, cada um dos grupos tem associado 362 kW. Os GE's distribuem-se pelo navio aos pares, o primeiro par situado na casa das máquinas auxiliares a vante em que um GE fica a bombordo e o outro a estibordo O segundo par de GE situa-se na casa das máquinas auxiliares de ré, com a mesma disposição dos GE's a vante.

Estes motores diesel de 16 litros vão produzir a energia mecânica necessária para o funcionamento dos geradores

Têm blocos de cilindros em ferro fundido e camisas de cilindro húmidas. Os motores têm uma cabeça de cilindro separada para cada cilindro e quatro válvulas (duas de admissão e duas de escape) por cabeça de cilindro.

Os êmbolos são arrefecidos pelo óleo lubrificante do motor, através de bocais especiais no bloco de cilindros.

Todos os motores têm turbocompressores, e o ar de admissão é arrefecido por refrigeradores de ar de sobrealimentação arrefecidos a água.

O sistema de arrefecimento é controlado por termóstato. O líquido de arrefecimento do motor é arrefecido pela água do mar.

O motor diesel é constituído por: circuito de combustível, circuito de lubrificação, circuito de água doce e circuito de água salgada.

4.2.7 Descrição das Atividades de Manutenção

Como já mencionado no capítulo 3, na Marinha Portuguesa efetuam-se atividades de manutenção em relação a meios técnicos e oficinas a mobilizar, então de maneira a facilitar esta descrição, as atividades vão ser divididas em 3: 1º escalão, 2º escalão e 3º escalão, e obviamente também vão ser divididos pelos sistemas.

Em relação aos sistemas, estas são as atividades de manutenção presentes nas FIT, que vão ser avaliadas nesta dissertação

Estas são as atividades de manutenção associadas aos motores propulsores:

Atividades de Manutenção de 1º Escalão:

- Limpeza do compressor do sobrealimentador ;
- Verificar purgas de condensações do sistema de ar de sobrealimentação;
- Verificação da pressão diferencial/limpeza do filtro de óleo de lubrificação;
- Verificar pressão diferencial do filtro de combustível;
- Limpeza do filtro de óleo centrífugo;
- Verificação de fugas, fixação de encanamentos e cablagem;
- Inspeção e limpeza do filtro de ar do sobrealimentador;
- Inspeção ao sistema de alavancas do regulador de velocidade;
- Verificar funcionamento do sistema de deteção de gases do cárter;
- Substituição do elemento filtrante do filtro de combustível;
- Inspeção aos elementos filtrantes de óleo de lubrificação;
- Inspeccionar o sistema de purga de ar do circuito de água doce de arrefecimento do motor;
- Medição das defleções do veio de manivelas;

- Verificação do funcionamento do sistema de rotação das válvulas de admissão e evacuação das cabeças do motor;
- Inspeção visual às secções do veio de ressaltos;
- Inspeccionar visualmente o cárter do motor propulsor;
- Arrefecedor de ar de sobrealimentação - inspecionar sistemas de ar e de água;
- Inspeccionar e testar os injetores de combustível;
- Inspeção ao filtro/separador de água do ar de controlo;
- Substituição do óleo de lubrificação do regulador de velocidade;
- Substituição das juntas do filtro centrífugo de óleo;
- Arrefecedor de ar de sobrealimentação - inspeção ao lado do ar;
- Substituição dos elementos filtrantes do filtro de óleo de lubrificação;
- Verificar o funcionamento das válvulas termostáticas do circuito de água doce de arrefecimento;
- Inspeção visual aos ressaltos dos impelidores das válvulas de admissão e de evacuação de uma cabeça;
- Inspeção visual a uma chumaceira de apoio do veio de manivelas;
- Análise ao óleo do amortecedor de vibrações do veio de manivelas;
- Inspeção ao motor de ar de arranque;
- Inspeção ao sistema de gases de evacuação do motor;
- inspecionar um fixe de uma bomba injetora, respetivo ressalto e mola;
- Ajustagem das folgas das válvulas de admissão e evacuação das cabeças do motor propulsor;
- Substituição das válvulas termostáticas, do circuito de óleo de lubrificação;
- Substituir as válvulas termostáticas do circuito de água doce de arrefecimento de alta e baixa temperatura;

Atividades de manutenção de 2º escalão:

- Rodagem após uma grande revisão;
- Verificação ponto de injeção;

Atividades de manutenção de 3º escalão:

- Inspeção e revisão geral ao arrefecedor de ar de sobrealimentação;
- Inspeção e revisão aos sobrealimentadores da banca a e b;
- Inspeção ao circuito interno de água de circulação do bloco do motor;
- Inspeção e revisão geral às camisas dos cilindros do motor;
- Substituição das válvulas de segurança das cabeças do motor;
- Inspeção e revisão geral a todas as cabeças do motor;
- Inspeção e revisão geral das válvulas de admissão das cabeças do motor;
- Substituição das válvulas de evacuação das cabeças do motor;
- Inspeção aos roletes de ressaltos das válvulas de admissão e evacuação das cabeças do motor;
- Inspeção e revisão geral aos balanceiros e respetivos fixes;
- Inspeção ao cavião dos tirantes e respetivas capas;
- Inspeção e revisão geral aos tirantes;
- Inspeção e revisão geral aos êmbolos com substituição dos aros;
- Substituição das capas e inspeção aos munhões do veio de manivelas;
- Substituição do retentor do veio de manivelas;
- Inspeção à distribuição do veio de manivelas;
- Inspeção ao motor de arranque com substituição de juntas;
- Inspeção a uma chumaceira de apoio e respetivas capas do veio de ressaltos;
- Substituição dos o'rings das linhas de alimentação e retorno de combustível;
- Substituição dos tubos de alta pressão de combustível;
- Inspeção e revisão geral à bomba de alimentação de combustível;
- Inspeção a todos os fixes das bombas injetoras, roletes e molas respetivas;
- Inspeção e revisão geral a todas as bombas injetoras;
- Substituição dos elementos internos do injetor;
- Inspeção e revisão geral ao sistema de alavancas do regulador de velocidade;
- Inspeção e revisão geral do regulador de velocidade;
- Inspeção e revisão geral ao acoplamento do regulador de velocidade;

- Inspeção e revisão geral às bombas de óleo de lubrificação;
- Inspeção e revisão ao arrefecedor de óleo;
- Inspeção e revisão geral das bombas de água de circulação do circuito de alta e baixa temperatura;
- Substituição das capas e inspeção à chumaceira principal do veio de manivelas;
- Substituição das camisas dos cilindros do motor;
- Substituição das válvulas de admissão das cabeças do motor;
- Substituição do cavirão dos êmbolos e respetivas capas;
- Inspeção e revisão geral ao motor de ar de arranque;
- Substituição das condutas de ligação entre as cabeças do motor e o coletor de evacuação;
- Substituição do compressor dos sobrealimentadores da banca a e b;
- Substituição dos êmbolos;
- Substituição da turbina dos sobrealimentadores;

Estas são as atividades de manutenção associadas à caixa redutora:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Inspeccionar o estado e as ligações dos encanamentos e possíveis fugas na caixa redutora;
- Verificação de parâmetros em funcionamento dos manómetros e indicadores;
- Verificar a existência de ruídos anormais nas embraiagens, rolamentos e bombas;
- Verificação de funcionamento e calibração dos sensores;
- Limpeza e substituição dos elementos filtrantes do filtro de óleo de lubrificação;
- Limpeza e substituição dos elementos filtrantes do filtro de óleo de alta pressão;
- Análise de amostra de óleo de lubrificação;
- Inspeccionar visualmente caixas;
- Inspeccionar acoplamentos flexíveis;

- Substituição do óleo de lubrificação;
- Verificar o estado de funcionamento das embraiagens;
- Inspeccionar os parafusos de fixação;
- Limpeza do arrefecedor de óleo;
- Medição da folga na chumaceira de impulso;
- Medição do desgaste dos rolamentos axiais do propulsor;
- Desmontar, limpar e inspecionar válvula termostática;
- Medição de folga da embraiagem;
- Inspeção de elementos de acoplamento e respetivas estrias das bombas de óleo;

Atividades de manutenção de 3º escalão:

- Inspeção aos rolamentos axiais;
- Inspeção aos rolamentos principais;

Estas são as atividades de manutenção associadas ao cpp:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Verificação da temperatura e do estado do arrefecedor de óleo hidráulico;
- Verificação do estado de contaminação do filtro de óleo;
- Verificação do nível nos tanques de óleo hidráulico;
- Verificação de ruídos anormais nas eletrobombas das unidades hidráulicas;
- Verificação das pressões de óleo do sistema hidráulico;
- Teste válvula de segurança e pressostatos;
- Teste de funcionamento à unidade hidráulica;
- Teste de funcionamento aos pressostatos prs1a / 1b e prs2 e válvula de segurança;
- Substituição do elemento filtrante do filtro de óleo do circuito hidráulico;
- Inspeção a encanamentos e a todos os elementos de ligação à od-box;
- Análise ao óleo;
- Inspeção a encanamentos, flexíveis e flanges;

Atividades de manutenção de 3º escalão:

- Substituição dos transdutores da caixa transmissora;
- Drenagem do circuito de óleo para Verificação do isolamento do sistema a água;
- Medição de folgas entre a od-box e o veio com substituição de retentores;
- Limpeza dos tanques e substituição do óleo (tanques de serviço e compensação);

Estas são as atividades de manutenção associadas aos hélices:

Atividades de manutenção de 3º escalão:

- Substituição dos vedantes das pás do hélice;
- Substituição dos zínco;
- Inspeção visual das pás do hélice;
- Inspeção visual a todos os parafusos exteriores e respectivo sistema de frenagem;

Estas são as atividades de manutenção associadas aos geradores:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Verificação de fugas de combustível, água ou óleo;
- Lavagem do circuito e substituição do fluído do sistema de água doce de circulação;
- Mudança do óleo de lubrificação do motor e do filtro de óleo de passagem parcial;
- Substituição dos filtros duplos de óleo do motor;
- Substituição dos filtros de combustível;
- Purgar o sistema de combustível;
- Substituição do filtro de água doce;
- Verificação/substituição dos ânodos de zinco;
- Verificação das folgas das válvulas de admissão e de evacuação;
- Verificação e regulação da pressão de injeção dos injetores;
- Verificação/substituição do filtro do ar (acl);
- Inspeção e limpeza do arrefecedor de ar de alimentação;

- Limpeza do permutador de calor;

Estas são as atividades de manutenção associadas ao motor elétrico propulsor:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Verificar a temperatura do ar de arrefecimento à entrada do motor;
- Limpeza do quadro elétrico e respetivos componentes;
- Verificar a integridade física do motor elétrico;
- Verificar ruído e vibrações anormais devido a problemas nos rolamentos;
- Verificar parâmetros de funcionamento;
- Verificação do estado de parafusos e porcas;
- Verificar o estado da cablagem e as ligações à massa;
- Verificar a existência de obstruções nas entradas de ar de arrefecimento;
- Verificar fugas de lubrificantes pelos apoios;

Estas são as atividades de manutenção associadas às chumaceiras dos veios de propulsão:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Verificação das temperaturas de apoio do veio;
- Controlo da lubrificação nas chumaceiras de apoio do veio;
- Substituição do óleo das chumaceiras de apoio;

Estas são as atividades de manutenção associadas ao compressor de ar:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Mudança do filtro de ar;
- Verificação do estado das válvulas do compressor;
- Verificação dos segmentos dos êmbolos;
- Substituição do cavirão dos êmbolos;
- Verificação do acoplamento;
- Verificação de conexões parafusadas;
- Mudança de óleo;

Estas são as atividades de manutenção associadas ao AC:

Atividades de manutenção de 1º escalão:

- Limpeza interna e mudança de filtros;
- Verificação visual aos amortecedores de vibrações e ligações flexíveis;
- Verificação das seções e lubrificação do amortecedor;
- Verificação do estado dos rolamentos;
- Substituição das correias;

Após identificar as atividades de manutenção será então realizada a análise de risco, usando a FMEA/FMECA e a matriz de risco, implementada da melhor forma para corresponder às necessidades da Marinha e do bom funcionamento dos Sistema e que será demonstrada nos subcapítulos seguintes.

4.3 Análise de Risco

Para se realizar uma boa análise de risco é necessário seguir uma boa metodologia, e um bom planeamento antes de ser executada. Inicialmente foi determinado que se ia realizar uma análise de riscos à manutenção dos navios, mais precisamente à não realização da mesma, e quais as falhas possíveis, e o facto do quão é determinante para um bom funcionamento das UN e do cumprimento das missões.

Posto isto foi necessário determinar requisitos, critérios e parâmetros para a realização da análise, ou seja, foram determinados o navio e os sistemas abordados, e como o risco a estes sistemas será avaliado: a partir das atividades de manutenção presentes nas FIT's, com falhas associadas ao equipamento da atividade correspondente, a periodicidade com que são realizadas, a dificuldade de deteção, o impacto que terão no cumprimento de missões e ainda se podem realizar algum desastre ambiental.

Com as falhas possíveis, com as causas dessas falhas identificadas, só resta realizar a análise de risco que foi realizada a partir de duas formas: FMEA e matriz de risco.

De forma a realizar a análise de risco a uma atividade de manutenção, escolheu-se o sistema do motor propulsor e a atividade com o nome de Verificação da

pressão diferencial/limpeza do filtro de óleo de lubrificação. De seguida esta atividade de manutenção foi associada a uma falha, que é designada por colmatação de filtros/baixa pressão do óleo. Após termos estes elementos, tem de ser realizada a valorização dos parâmetros que serão descritos nos próximos subcapítulos.

A figura 7 representa um extrato do Excel de como foi realizada a matriz de risco e FMEA:

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-----------------|--|---|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| MOTOR PROPULSOR | LIMPEZA DO COMPRESSOR DO SOBREALIMENTADOR | PERDA RENDIMENTO DA TURBINA/INJEÇÃO DE AR CONTAMINADO NA CAMARA COMBUSTÃO/EVENTUAL DESIQUILIBRIO | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 4 | 2 | 2 | 16 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR PURGAS DE CONDENSAÇÕES DO SISTEMA DE AR DE SOBREALIMENTAÇÃO | EVENTUAL CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO/GRIPAGEM | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 1 | 3 | 2 | 6 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO DIFERENCIAL/LIMPEZA DO FILTRO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | COLMATAÇÃO DE FILTROS/BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 4 | 1 | 3 | 2 | 24 | 2 | 5 | 4 | 40 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR PRESSÃO DIFERENCIAL DO FILTRO DE COMBUSTÍVEL | COLMATAÇÃO DE FILTROS/BAIXA PRESSÃO COMBUSTÍVEL/FALHA NA COMBUSTÃO/MOTOR EM DESIQUILIBRIO/VIBRAÇÕES | 2 | 2 | 3 | 3 | 16 | 2 | 4 | 2 | 16 |

Figura 7 - Extrato da matriz de risco

4.4 Matriz de Risco

Já com o navio e os sistemas escolhidos para a realização da análise de risco, falta agora realizá-la, pelo que se optou por usar para este efeito uma matriz de risco. Assim foi necessário retirar as ações de manutenção presentes nas FIT's, já que a análise da não realização da manutenção é o objetivo da presente dissertação. De seguida, têm de se identificar os riscos associados a cada uma das ações de manutenção, ou seja, identificar possíveis falhas dos sistemas se a manutenção preventiva não for realizada. De maneira a ser possível avaliar o risco foram adaptados

os parâmetros da análise da FMEA, para poder ser correspondida com parâmetros relacionados com a Marinha, os parâmetros usados para a equação de risco são:

- Impacto Operacional
- Impacto Ambiental
- Impacto do sistema
- Probabilidade de Manutenção

O Impacto Operacional foi escolhido para fazer partes destes parâmetros devido ao facto de que as necessidades da realização da manutenção, quer seja para deixar sistemas ou equipamentos a funcionar ou para prevenir falhas possíveis, fazem com que o navio não possa realizar algumas missões. Por outro lado, o navio pode realizar missões da mesma forma com alguns sistemas ou equipamentos degradados ou inoperacionais mesmo, mas missões com carácter pouco perigoso não muito longe de costa.

O Impacto Ambiental faz parte destes parâmetros pela simples razão que existem protocolos ambientais que a Marinha tem de cumprir, e existem ações de manutenção que podem implicar danos ambientais, sendo assim este impacto teria de ser contabilizado para as contas finais.

O Impacto do Sistema é o parâmetro que traduz o impacto que a não realização da manutenção pode provocar ao sistema, logo terá uma falha associada que será classificada. Este parâmetro é de extrema importância, os sistemas mencionados na presente dissertação são vitais para a integridade do navio e o cumprimento da missão.

Por fim, a Probabilidade de Manutenção é a quantidade vezes que o sistema foi submetido a ações de manutenção, isto implica tanto as ações de manutenção de rotina ou diárias, como também as ações de manutenção que se realizam em grandes revisões ou em revisões intermédias.

Estes parâmetros são numerados e a cada número corresponde uma descrição, como mostrados na tabela 1

Tabela 1-Parâmetros da Matriz de Risco

| Valorização | Impacto operacional | Impacto ambiental | Impacte do sistema | Probabilidade de manutenção |
|-------------|---|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,1 | - | - | - | Ocorreu 1 vez nos últimos 6 meses |
| 1 | Sem impacte | Sem impacte | Sem perda de qualidade | Ocorreu mais que 1 vez no último ano |
| 2 | Equipamentos a funcionar com ligeira degradação fiabilidade | Impacte ligeiro | Ligeira perda de qualidade | Ocorreu 1 vez no último ano |
| 3 | Navio operacional com alguns equipamentos inoperacionais | Impacte grave | Significativa perda de qualidade | Ocorreu nos últimos 2 anos |
| 4 | Navio com limitações operacionais | Impacte muito grave | Grande perda de qualidade | Terá ocorrido nos últimos 3 anos |
| 5 | Navio Inoperacional | Danos ambientais irreversíveis | Total perda de qualidade | Não ocorreu nos últimos 3 anos |

Depois de classificados os parâmetros e as respetivas descrições, é necessário uma equação de risco que os relacione:

$$Risco = PM * (Io + Ia + Is)$$

Ao identificar cada um dos parâmetros com o número a que correspondem, e ao substituir na equação de risco, vai ser possível avaliar o risco, tendo em conta o risco desta avaliação tomam-se as medidas apropriadas.

Após ter tudo bem definido, procede-se à valorização de cada um dos parâmetros para cada atividade de manutenção e falha associada. Com todos os valores introduzidos, retira-se a valorização do Risco, e toma-se a decisão correta.

De maneira a realizar uma análise mais completa, foi elaborado uma tabela e um gráfico circular para cada sistema abordado, em que as atividades de manutenção são agrupadas consoante o Risco respetivo, como se pode mostrar na tabela 2.

Tabela 2-Intervalos de Risco, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 5 | 13 | 17 | 21 | 16 | 2 | 0 |

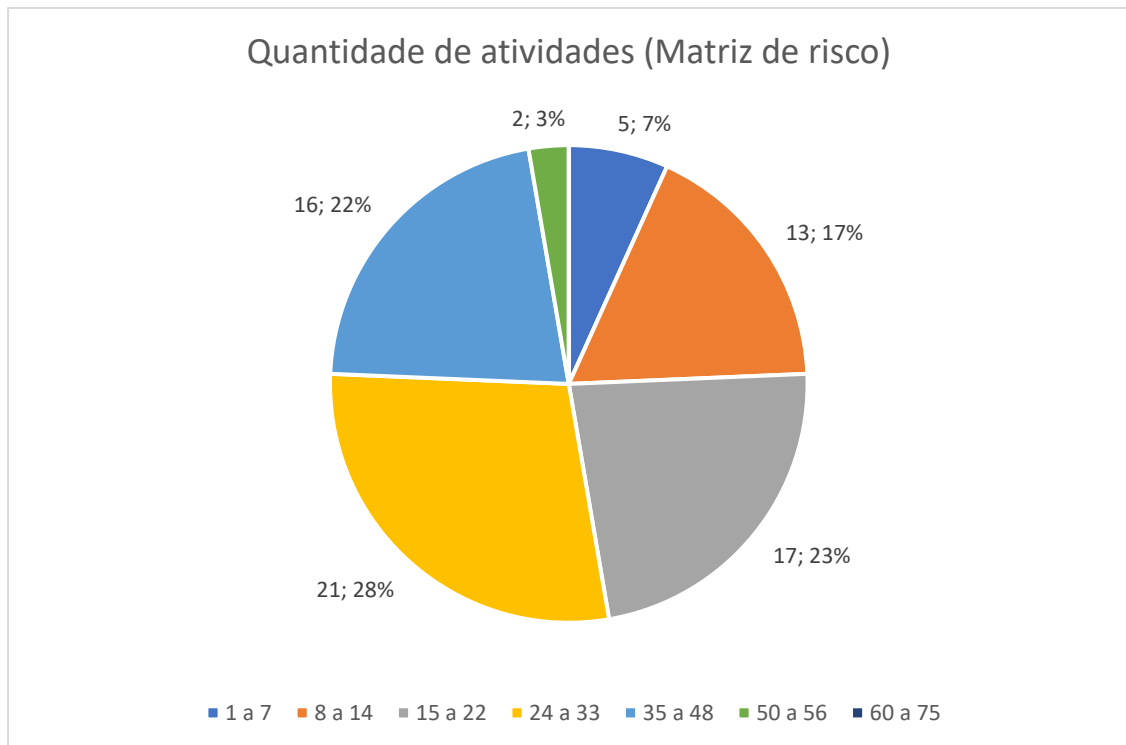


Figura 8-Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor

O gráfico circular correspondente é apresentado na figura 8, as restantes tabelas e gráficos estão apresentadas em Apêndice.

4.5 FMEA

Por outro lado, pode ser realizada uma avaliação de risco diferente, pelo que foi realizada a FMEA, em que, tal como já explicado anteriormente, vão ser considerados 3 parâmetros chave: Severidade (S), Ocorrência (O), e a probabilidade de não ser detetada falha (D) (Stamatis, 2003). Tal como foi realizado na matriz de risco, teve de ser elaborada uma tabela onde constem os parâmetros da descrição e da numeração correspondente.

Neste caso, a Ocorrência vai ser praticamente igual à probabilidade de manutenção, com exceção de um valor a mais que foi atribuído à matriz de risco, de 0,1, para tentar mostrar que ações de manutenção realizadas, reduzem bastante o risco de possíveis falhas.

A Severidade é o parâmetro onde se vai avaliar os danos da instalação e avaliar os riscos para a missão, ou seja, é um parâmetro de grande importância.

Por último, a Detecção foi aqui englobada pois existem falhas mais fáceis de detetar do que outras, isto porque existem sítios de difícil acesso que se traduzem numa mais difícil deteção, ou simplesmente por não haver meios disponíveis a bordo para realizar as deteções necessárias.

Estes parâmetros, tal como acontece na matriz de risco vão ser descritos e valorizados, como é apresentado na tabela 3.

Tabela 3-Parâmetros da FMEA

| Valorização | Detecção | Severidade | Ocorrência |
|-------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Detetado de imediato | Sem perda de qualidade | Ocorreu mais que 1 vez nos últimos 6 meses |
| 2 | Fácil deteção | Ligeira perda de qualidade | Ocorreu 1 vez no último ano |
| 3 | Difícil deteção | Significativa perda de qualidade | Terá ocorrido nos últimos 2 anos |
| 4 | Extremamente difícil a deteção | Grande perda de qualidade | Ocorreu nos últimos 3 anos |
| 5 | Indetetável | Total perda de qualidade | ocorreu 1 vez no último ano |

Sendo assim, para se realizar a FMEA, como já mencionado anteriormente, vai ser necessário a equação da FMEA, que se traduz:

$$RPN = O * D * S$$

Assim vai ser possível determinar o RPN, que vai traduzir o risco associado a cada atividade de não realização da manutenção. De seguida tal como efetuado na matriz de risco, dependendo da valorização do risco tomam-se as medidas apropriadas.

4.6 FMECA

Após realizada a FMEA, procede-se então a FMECA, que como já mencionado, é onde se vai realizar uma análise crítica. Sendo assim, a partir do Excel, foram desenvolvidas 2 estratégias, para a realização da FMECA: A primeira foi realizar a ordenação dos RPN dentro de cada sistema, apresentada em Apêndice, pois assim

poderá dar-se prioridade a que ações de manutenção deverão ou não ser realizadas brevemente, enquanto na segunda forma se cria um gráfico circular onde as atividades de manutenção são agrupadas consoante o RPN respetivo, de cada sistema, e que são representados na tabela 4, e o gráfico circular correspondente na figura 9.

Tabela 4-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor propulsor

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 7 | 11 | 19 | 7 | 14 | 14 | 1 |

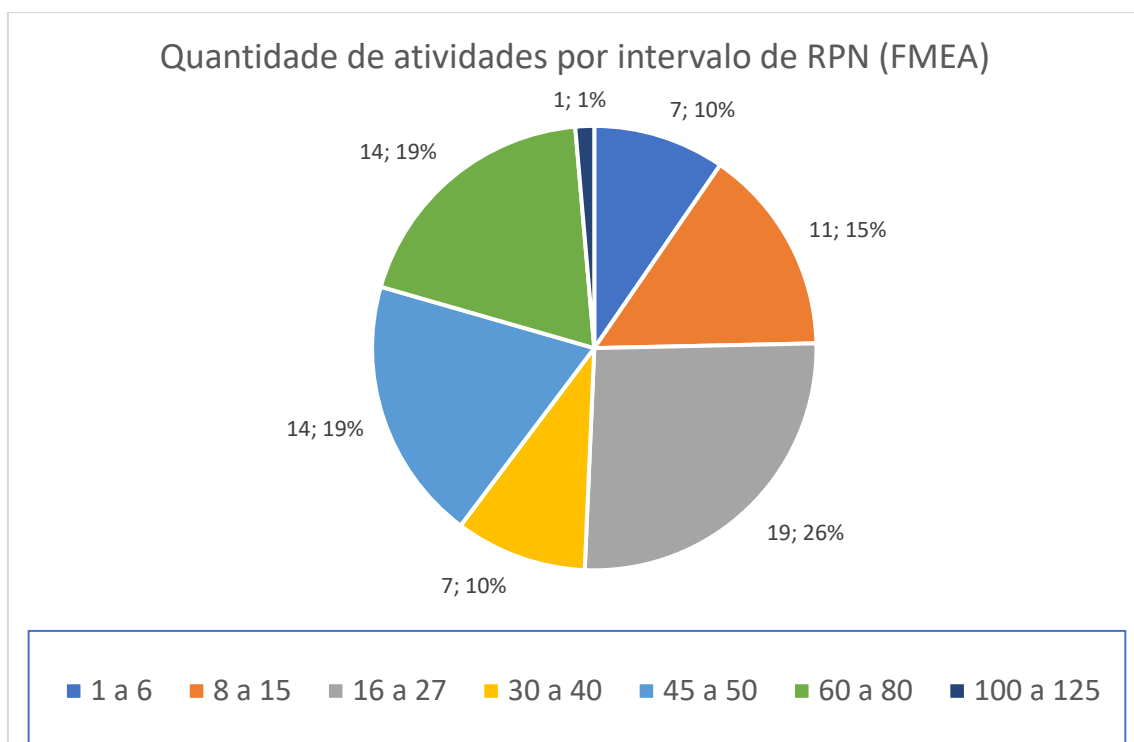


Figura 9-Gráfico circular, consoante as mediadas que devem ser tomadas do motor propulsor

Após saber-se quais é que são as atividades de manutenção com o maior RPN, tomam-se as medidas apresentadas em apêndice na valorização da FMEA, também se vai poder verificar qual dos sistemas tem maior risco, devido à maior quantidade de atividades entre intervalos com valorização superior. Após realizar as medidas apropriadas, volta-se a realizar a FMEA e posteriormente a FMECA, e assim atualizando

as informações nas análises de risco efetuadas. Isto deve-se ao facto de como já mencionado anteriormente, estes métodos de analisar o risco são contínuos.

Para além disso, foi necessário pensar-se em medidas, de acordo com o risco associado a cada atividade de manutenção, de modo a poder prevenir falhas graves nos equipamentos, por forma a usufruir do funcionamento normal da máquina.

5. Análise de Resultados

Neste capítulo vai ser realizada a análise de resultados, numa primeira fase a cada sistema e por fim aos sistemas todos. Com a análise de risco elaborada ao NRP Viana do Castelo, procede-se então análise de resultados, nos sistemas descritos anteriormente.

De modo a realizar-se uma análise mais precisa, na FMEA/FMECA, é usada uma técnica que permite centrar mais nas atividades de manutenção de risco elevado, que consiste em dizer que uma atividade de manutenção tem de ter um certo RPN, para ter algum risco envolvido. Portanto realiza-se uma multiplicação de 0,1 ou 0,05 ou 0,01 por o RPN mais elevado que é 125, que se aproxima respetivamente como: 13, 7 ou 2 (Stamatis, 2003)

Neste caso as atividades de manutenção com um RPN de menor ou igual a 13 não é necessária intervenção, nem monitorização.

5.1 Motor Propulsor

Ao realizar-se as análises de risco ao motor propulsor, é de se salientar que existem duas atividades de manutenção que são extremamente preocupantes, devido ao facto de que o seu risco e o RPN serem bastante elevados. Estas atividades de manutenção são:

Tabela 5 - Extrato da matriz de risco do motor propulsor

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-----------------|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO CAVIRÃO DOS TIRANTES E RESPETIVAS CAPAS | FALHA NA TAXA DE COMPRESSÃO DE COMBUSTÃO/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 3 | 5 | 5 | 75 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS DO MOTOR | FALHA NA VEDAÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS/GRIPAGEM/FRATURA DE ÊMBOLOS | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 4 | 5 | 5 | 100 |

É de salientar que estas atividades de manutenção, têm associadas uma valorização extremamente alta devido a não ter sido realizada recentemente, o que causa uma valorização máxima nos parâmetros da O e da PM.

Por estas atividades terem falhas catastróficas associadas, que tanto podem danificar o motor como podem causar dificuldades na missão atribuída ao navio.

Apesar de existirem outras atividades de manutenção com RPN elevado, estas devem ser as que devem ser intervencionadas primeiro, e que a segunda atividade, deve ser feita antes da primeira.

É necessário salientar que existem 16 atividades de manutenção que não precisam de intervenção ou monitorização.

É importante referir que existem outras atividades de manutenção com um RPN mais elevado do que 75, isto deve-se ao facto de que na matriz de risco efetuada o R é mais elevado nesta atividade do que nas outras.

Como se pode ter observado pelas figuras 9 e 10 e tabelas 2 e 4, pode-se afirmar que cerca de 50% das atividades de manutenção têm um risco elevado, devido ao facto de algumas destas atividades serem realizadas durante as PR ou RI, ou seja se estas não se realizam, o parâmetro de Ocorrência, vai ser bastante elevado. O que indica pelo menos uma monitorização cuidada, deve ser realizada para prevenção do equipamento.

Devido ao risco elevado destas duas atividades e de outras, será necessário impor algumas medidas corretivas como por exemplo verificar por vibrações anormais no motor, pois pode resultar em fraturas dos componentes ou gripagem.

5.2 Motor Elétrico Propulsor

Em relação ao motor elétrico, existem poucas atividades de manutenção, e todas elas de 1º escalão, o que indica que são atividades rotineiras. Mas mesmo assim, existem falhas associadas que podem provocar problemas no futuro.

Tabela 6 - Extrato da matriz de risco do MEPP

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|-------------------------------|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| MEPP | VERIFICAR RUIDO E VIBRAÇÕES ANORMAIS DEVIDO A PROBLEMAS NOS ROLAMENTOS | DANOS NOS ROLAMENTOS/GRIPAGEM | 2 | 4 | 1 | 5 | 20 | 2 | 5 | 2 | 20 |
| MEPP | VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE OBSTRUÇÕES NAS ENTRADAS DE AR DE ARREFECIMENTO | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | 2 | 3 | 1 | 4 | 16 | 2 | 4 | 2 | 16 |

Estas atividades merecem alguma atenção, devido às falhas que estão associadas à não realização das atividades de manutenção, que se pode observar na tabela 6. Por esta razão estas atividades têm uma elevada valorização nos parâmetros de S, Io e no Is.

Estas atividades têm um R e um RPN bastante reduzido, tendo apenas duas atividades para meter no plano de gestão, e serem definidas medidas preventivas para reduzir os riscos nestas atividades. Nas figuras e gráficos de seguida apresentados, mostram a quantidade de atividades agrupadas devido às atuações necessárias iguais.

Neste sistema existem 7 atividades de manutenção com um RPN menor que 13, sendo assim estas atividades de manutenção, não terão nenhuma intervenção e monitorização efetuadas.

As atividades acima referidas, a monitorização deve ser efetuada a este sistema, pois apesar de o risco não ser muito elevado, tem falhas associadas graves. O que implica uma monitorização do sistema de modo a prevenir e poder tomar uma boa decisão. Sendo que estas atividades apresentam o risco mais baixo das atividades mencionadas, serão as últimas a serem intervencionadas.

Tabela 7-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

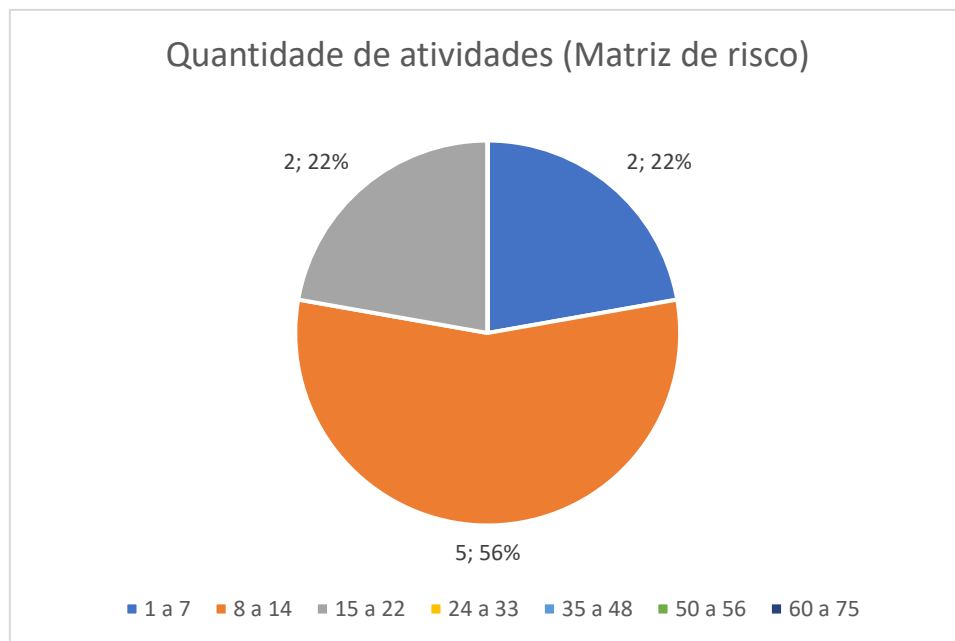


Figura 10-Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor

Tabela 8-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

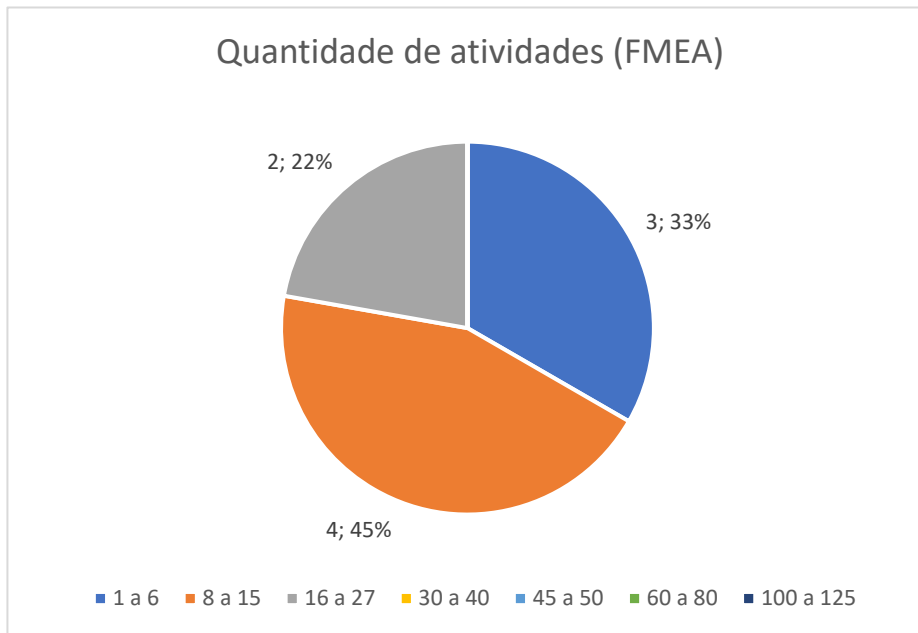


Figura 11-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do motor elétrico propulsor

5.3 Caixa Redutora

A caixa redutora é dos sistemas mais importantes do navio por ser a responsável por transmitir a potência dos motores para o veio de propulsão, se ela falhar, o navio ficará sem propulsão.

Neste sistema, existem 2 atividades que representam riscos significativos que necessitam de atenção especial, como se pode comprovar na matriz de risco em apêndice, e pelas tabelas onde as atividades foram ordenadas pelo RPN:

Tabela 9 - Extrato da matriz de risco da Caixa Redutora

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|----------------|---|--|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DA FOLGA NA CHUMACEIRA DE IMPULSO | DANOS CAUSADOS POR IMPACTO/VIBRAÇÕES/POSSÍVEL FALHA CATASTRÓFICA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DE FOLGA DA EMBRAIAGEM | EXCESSO DE FOLGA NA EMBRAIAGEM/VIBRAÇÕES/EVENTUAL FALHA CATASTRÓFICA | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 4 | 4 | 48 |

Nas tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar que existem poucas falhas com riscos elevados.

Tabela 10-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 5 | 4 | 6 | 3 | 2 | 0 | 0 |

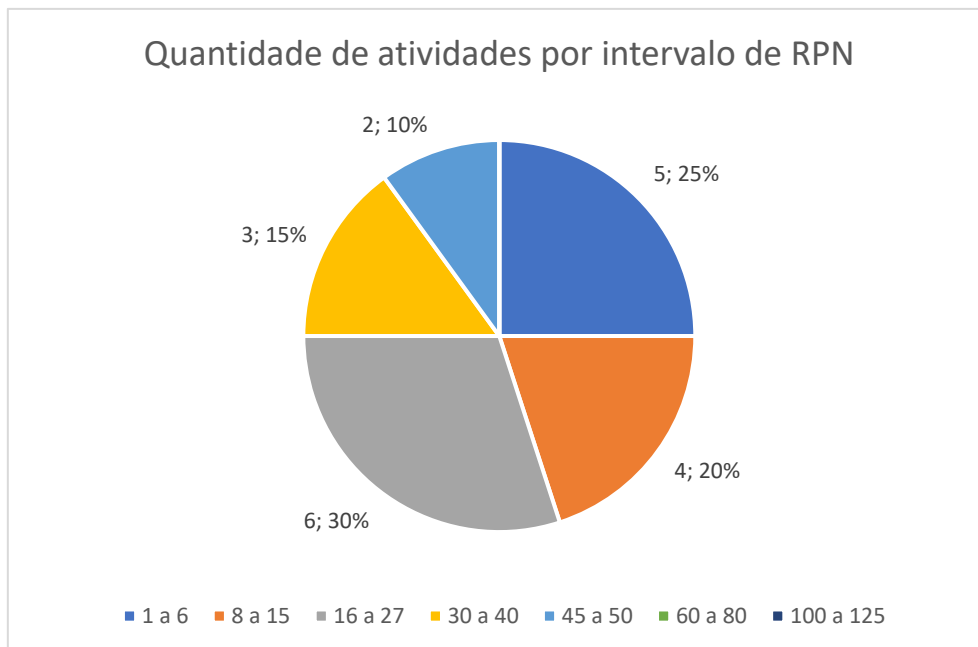


Figura 12-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora

Tabela 11-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 5 | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 |

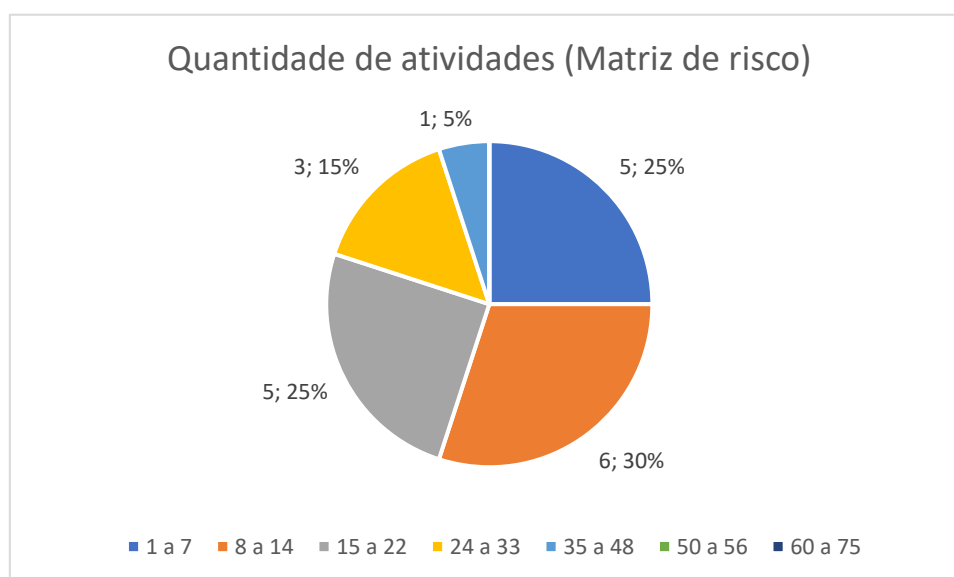


Figura 13-Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas da Caixa Redutora

É de referir as 8 atividades de manutenção ao sistema que à primeira vista não terão de ser intervencionadas.

É de referir que estas atividades de manutenção são efetuadas entre longos períodos de tempo, o que se reflete numa Probabilidade de Manutenção e numa Ocorrência com valores elevados. Também se deve ao facto de ser difícil realizar as atividades, devido a estas atividades de manutenção se realizarem em PR e RI.

Ambas as atividades neste caso têm falhas muito graves associadas, o que implica uma especial atenção, principalmente pelo facto de ter um RPN elevado, deve-se inscrever ambas as atividades no plano de gestão.

É de salientar que apesar de os riscos não serem iguais, estas atividades em qualquer uma das análises de risco efetuada, seriam ambas escolhidas para serem as primeiras a serem realizados devido aos riscos elevados.

O parâmetro da Detecção é elevado, devido à dificuldade que existe em avaliar visualmente a caixa redutora.

Devido a estas atividades terem um Risco e RPN alto, de modo a mitigar o risco seria proveitoso, monitorizar a caixa redutora à procura de vibrações anormais, pois será a maneira mais fácil de tentar diminuir o risco em segurança, por forma a avaliar o estado da caixa redutora.

5.4 Linhas de veios

O sistema linha de veios é muito importante estar a funcionar corretamente, devido ao facto de que os veios é que vão transmitir a potência do motor para os hélices. As chumaceiras de apoio são necessárias para tal como o nome indica apoiarem o veio, por forma do veio não ter deflexões e funcionar corretamente.

Na análise de risco realizada a este sistema, apenas uma atividade a partir da análise matricial, é necessário definir medidas preventivas, e inscrever no plano de manutenção. Por outro lado, na FMEA apenas será necessária a sua monitorização, mas como pela análise matricial é necessário realizar medidas preventivas, então é a ação a tomar em vez de simplesmente monitorizar.

Por não atingirem os 13 RPN, não será necessário intervir nos equipamentos associados às atividades de manutenção.

Nas tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar que existem poucas falhas com riscos elevados.

Tabela 12-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

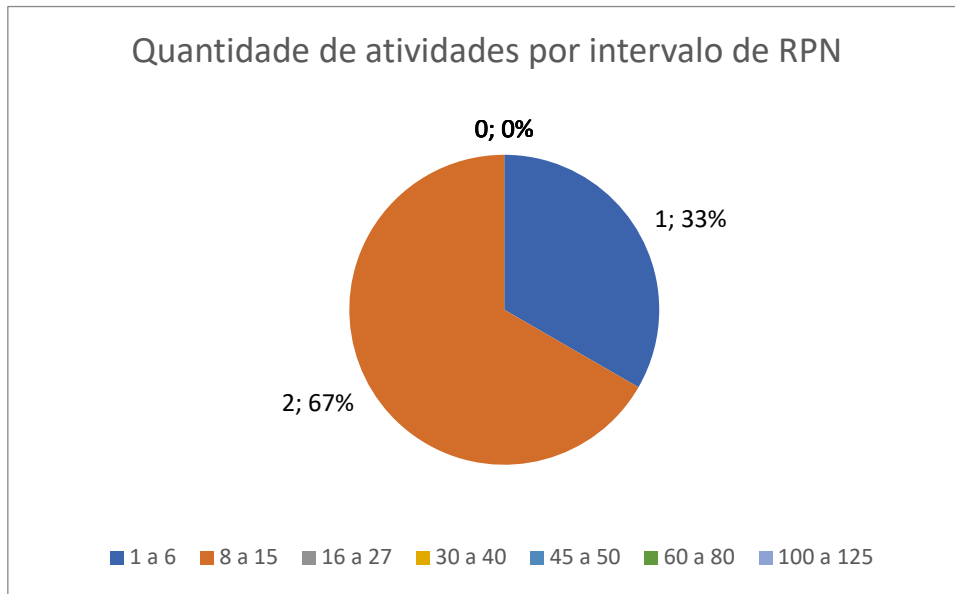


Figura 14 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios

Tabela 13- Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

~

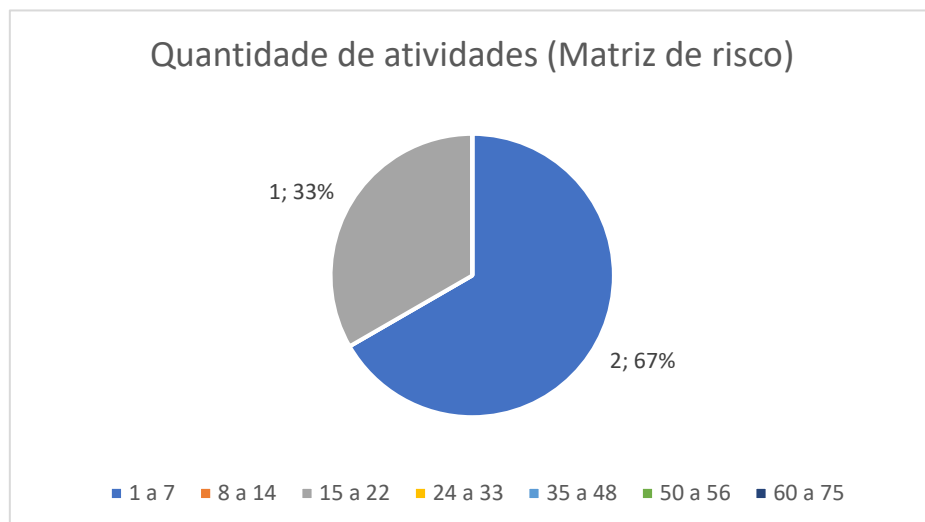


Figura 15- Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas das Linhas de Veios

5.5 CPP

O CPP é o sistema que vai controlar o ângulo de ataque das pás do hélice, ou seja é o que determina se o navio segue para vante ou para ré. Nas análises de risco realizadas é de salientar duas ações de manutenção com elevado risco, em que seria necessário tomar medidas preventivas ou corretivas e inserir no plano de manutenção.

As atividades de manutenção que necessitam de especial atenção são:

Tabela 14 - Extrato da matriz de risco do CPP

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| CPP | MEDIÇÃO DE FOLGAS ENTRE A OD-BOX E O VEIO COM SUBSTITUIÇÃO DE RETENTORES | FUGA DE ÓLEO/DESALINHAMENTO | 4 | 3 | 1 | 4 | 32 | 2 | 4 | 4 | 32 |
| CPP | LIMPEZA DOS TANQUES E SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO (TANQUES DE SERVIÇO E COMPENSAÇÃO) | PERDA DE VISCOSIDADE/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 4 | 3 | 1 | 2 | 24 | 3 | 3 | 4 | 36 |

Estas atividades de manutenção têm um elevado risco devido ao facto de possuírem falhas graves associadas, o que implica uma maior avaliação dos parâmetros da severidade e do impacto do sistema e também pelo facto de que estas atividades de manutenção são realizadas em 3º escalão, o que implica também uma maior valorização nos parâmetros de ocorrência e de probabilidade de manutenção.

Neste caso seria benéfico, devido ao Risco e RPN elevado, procurar por fugas do óleo, devido ser algo vital para o bom funcionamento do sistema

Nas tabelas e gráficos representados em baixo pode-se verificar que existem poucas falhas com riscos elevados.

É de referir que 10 atividades de manutenção não atingem a valorização necessária para o sistema ser monitorizado ou intervencionado.

Os gráficos representados indicam que grande parte das manutenções estão a ser realizadas, com falhas não muito graves, e com impacto operacional e impacto ambiental reduzidos, que resulta de boas práticas de manutenção.

Tabela 16-Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 4 | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |

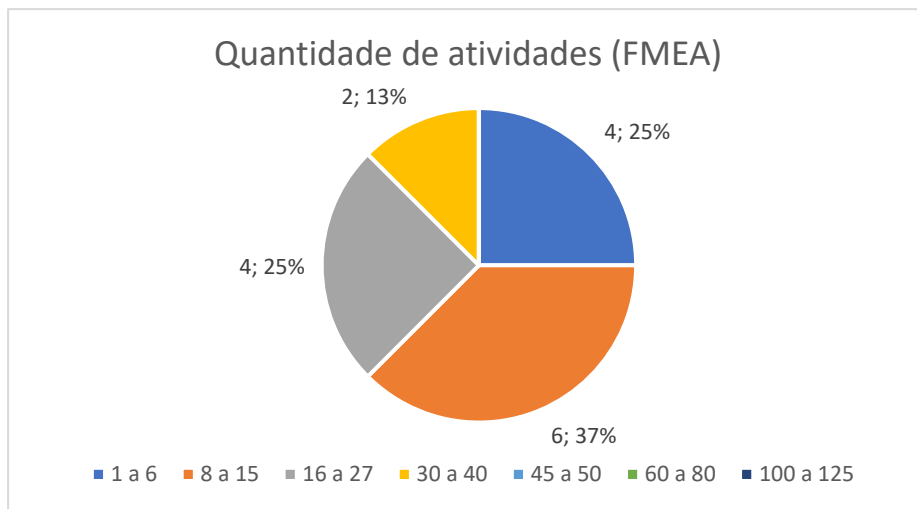


Figura 16 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP

Tabela 15-Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 5 | 5 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |

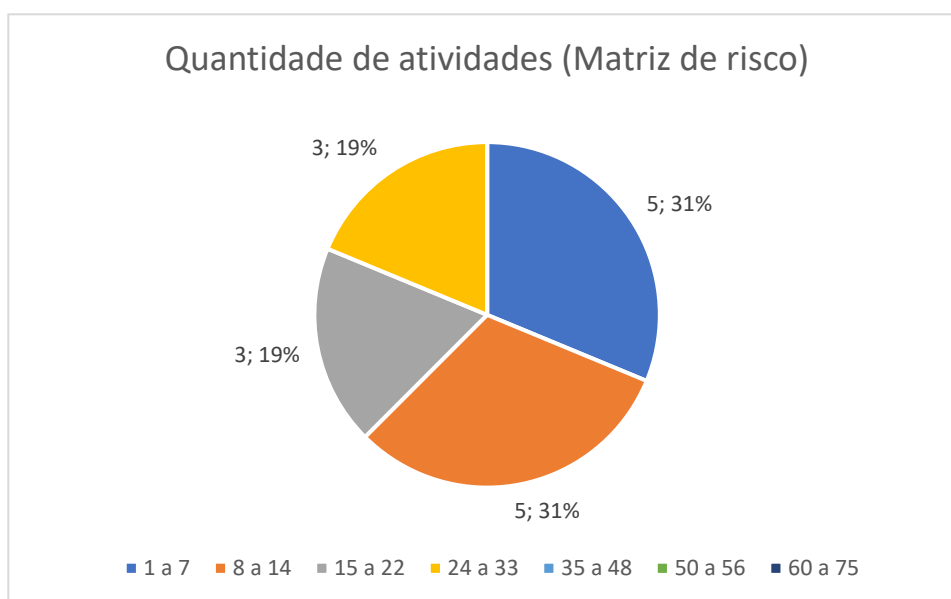


Figura 17 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do CPP

5.6 Hélices

Na análise de risco realizada é de salientar que neste sistema as suas manutenções são apenas realizadas em docagem, ou seja o que implica grande impactos operacionais e que a sua ocorrência não é realizada em curtos espaços de tempo, o que implica uma maior valorização destes parâmetros e também da probabilidade de manutenção. Neste caso, pode ser enganador o risco elevado, devido à alta valorização no parâmetro de ocorrência e probabilidade de manutenção, pois as medidas que deveriam ser tomadas de acordo com a análise matricial e FMEA não serão as realizadas.

As atividades de manutenção realizadas a este sistema têm associadas falhas muito graves, que se pode reparar que têm uma grande valorização nos parâmetros de impacto do sistema e na severidade que para além do já descrito no parágrafo anterior, vai causar um R e um RPN extremamente elevados como se pode verificar de seguida:

Tabela 17 - Extrato da matriz de risco dos hélices

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|--|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS VEDANTES DAS PÁS DO HÉLICE | VEDANTES DESGASTADOS/FALHA VEDAÇÃO | 5 | 5 | 1 | 2 | 40 | 4 | 4 | 5 | 80 |
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS ZINCOS | FRATURA DOS ZINCOS/FALTA PROTEÇÃO CATÓDICA | 3 | 5 | 1 | 3 | 27 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| HÉLICES | INSPEÇÃO VISUAL DAS PÁS DO HÉLICE | FISSURAS NAS PÁS DO HÉLICE/DESGASTE/DANOS MATERIAL | 3 | 5 | 1 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| HÉLICES | INSPEÇÃO VISUAL A TODOS OS PARAFUSOS EXTERIORES E RESPECTIVO SISTEMA DE FRENAGEM | FOLGAS E DESAPERTOS/VIBRAÇÕES NO VEIO | 4 | 5 | 1 | 4 | 40 | 3 | 5 | 4 | 60 |

Sendo assim teria de se dar prioridade a estas actividades e decidir qual seria a primeira a ser efetuada, logo a mais critica seria a substituição dos vedantes das pás do hélice com um RPN=80, de seguida seria a inspeção visual a todos os parafusos exteriores e respetivo sistema de frenagem, com um RPN=60. Para finalizar existe um empate tanto em RPN como nos parâmetros a ele associado, mas como o R de uma é maior que o outro, fica respetivamente inspeção visual das pás do hélice em terceiro e a substituição dos zincos para último.

Nas tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar que todas as falhas têm risco elevados e críticos.

Tabela 18 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|----------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de actividades (FMEA) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |

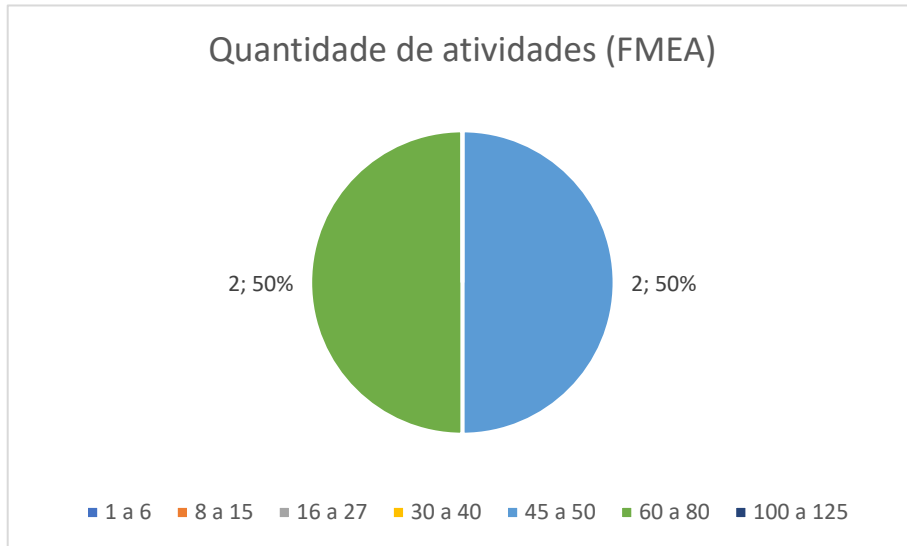


Figura 19 - Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice

Tabela 19 - Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |

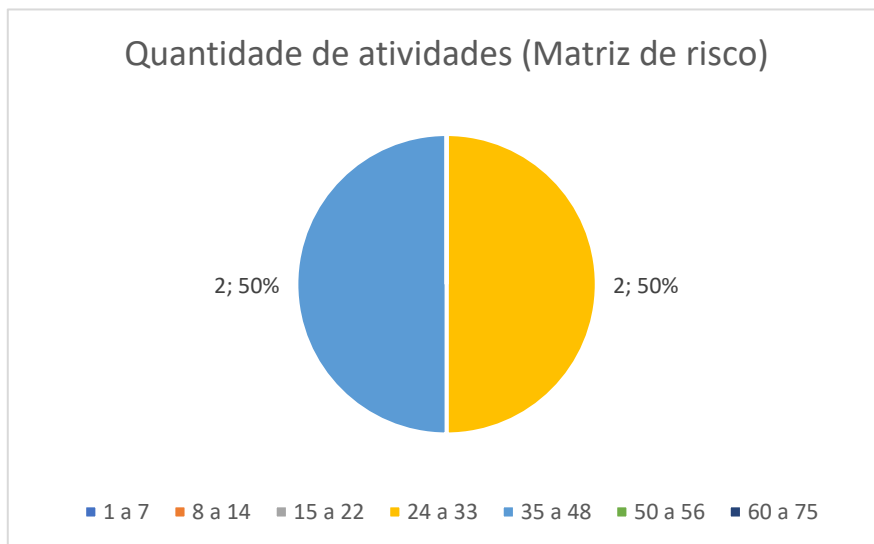


Figura 18- Gráfico circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do hélice

5.7 Geradores

Em relação aos geradores, a análise de risco realizada revela duas atividades de manutenção com riscos elevados, que se devem ao facto de possuírem falhas graves, e pela ocorrência da atividade de manutenção

Estas atividades de manutenção as seguintes:

Tabela 20 - Extrato da matriz de risco dos GEE

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|---|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| GEE | VERIFICAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO DO FILTRO DO AR (ACL) | FALHA NA COMBUSTÃO | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 3 | 4 | 3 | 36 |
| GEE | LIMPEZA DO PERMUTADOR DE CALOR | OBSTRUÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO/TEMPERATURA DE PROJETO NÃO É ATINGIDA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |

É de salientar que a atividade de manutenção que deveria ser realizada em primeiro lugar seria a limpeza do permutador de calor, pelo RPN ser de 48. Para além de que devem ser introduzidas no plano de gestão de manutenção, e tomar medidas preventivas ou corretivas, em ambas as atividades.

É de referir que este é um sistema extremamente importante para o navio no caso de inoperacionalidade do sistema, pode causar um grande impacto no sistema e no navio, o que vai implicar uma grande valorização no impacto operacional, no impacto do sistema e na severidade.

Devido ao Risco e ao RPN elevados, como medida preventiva devem ser mais registos de temperatura e pressão com o GEE a trabalhar, assim poderá perceber-se de melhor maneira se serão necessária outras medidas.

É de salientar também as 8 atividades de manutenção que, devido ao seu RPN, não necessitam de intervenção.

Nas tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar as atividades de manutenção agrupadas consoante as medidas a tomar:

Tabela 22 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |

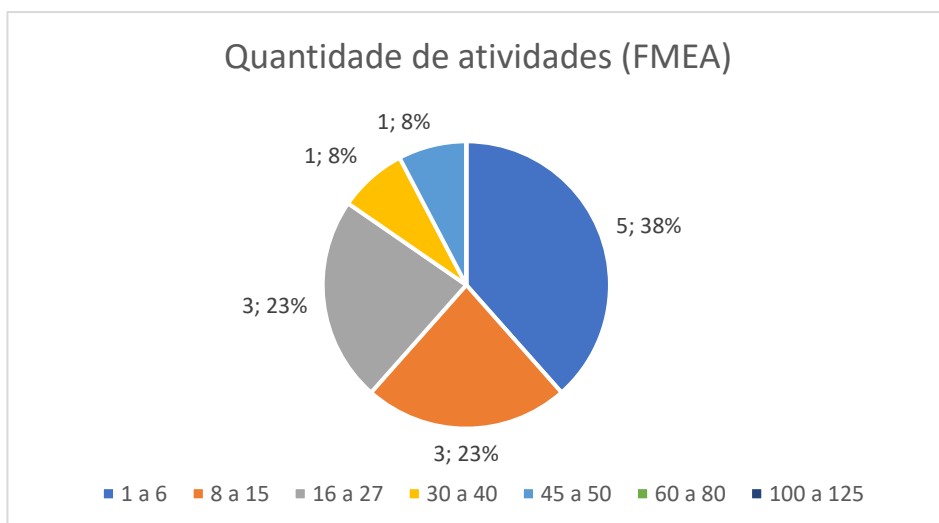


Figura 19 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores

Tabela 21 - Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 5 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 |

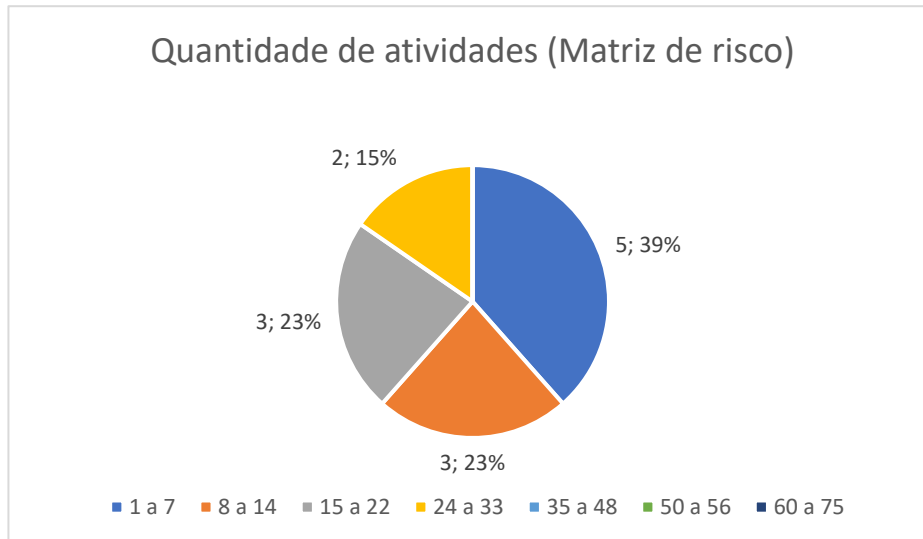


Figura 20 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas dos geradores

5.8 Compressor de ar

O compressor de ar é o que vai permitir encher as garrafas de ar comprimido do circuito de arranque do motor propulsor, ou seja, é extremamente importante para o arranque e paragem do mesmo.

Na análise de risco realizada é de salientar duas ações de manutenção uma com riscos catastróficos, e a outra com risco graves, estas duas ações de manutenção são:

Tabela 23 - Extrato da matriz de risco do Compressor de Ar

| EQUIPAMENTO | ATIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|------------------|---|-------------------|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DOS SEGUIMENTOS DOS EMBÔLOS | ÊMBOLO DESGASTADO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 5 | 4 | 4 | 80 |
| COMPRESSOR DE AR | SUBSTITUIÇÃO DO CAVIRÃO DOS EMBÔLOS | ÊMBOLO FRATURADO | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 5 | 5 | 5 | 125 |

Estas ações de manutenção têm um risco elevado devido a terem falhas catastróficas associadas, o que implica uma valorização extremamente elevada na severidade e no impacto do sistema e pelo facto de que estas ações de manutenção são difíceis de realizar, pois o compressor necessita de ser desmontado o que implica uma valorização elevada nos parâmetros de ocorrência e probabilidade de manutenção.

Devido ao Risco e ao RPN extremamente elevados, devem ser tomadas medidas, tais como uma análise de vibrações, para verificar se existem vibrações excessivas que possam danificar o êmbolo, pode ser necessário um ajuste da pressão a que se está a utilizar o compressor.

É de referir que 2 atividades de manutenção por não possuírem um RPN superior a 13 não serão feitas.

Estas ações de manutenção devem-se realizar de maneira ao risco associado poder diminuir, inscrevendo no plano de manutenção e tomar-se as medidas necessárias.

As tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar as atividades de manutenção agrupadas consoante as medidas a tomar.

Tabela 24 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 |

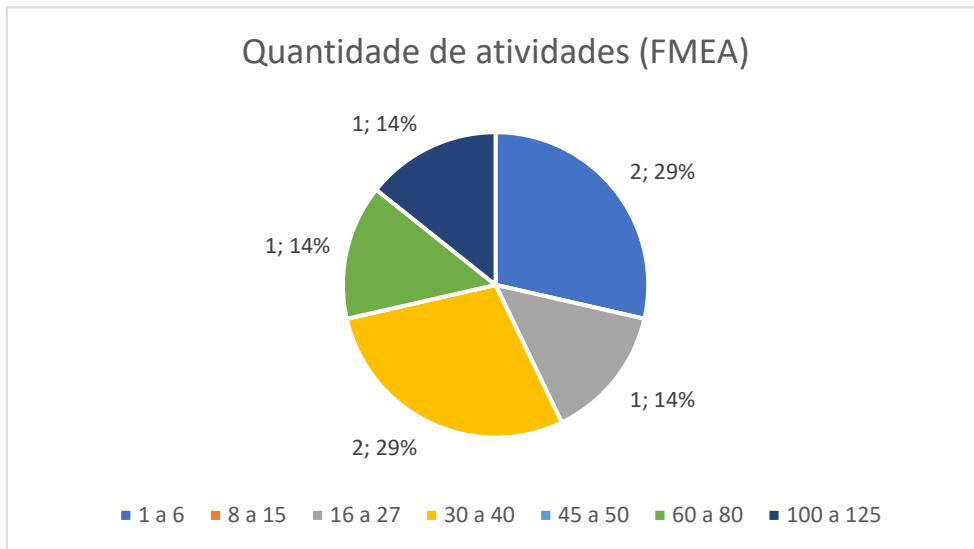


Figura 21 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar

Tabela 25- Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 |

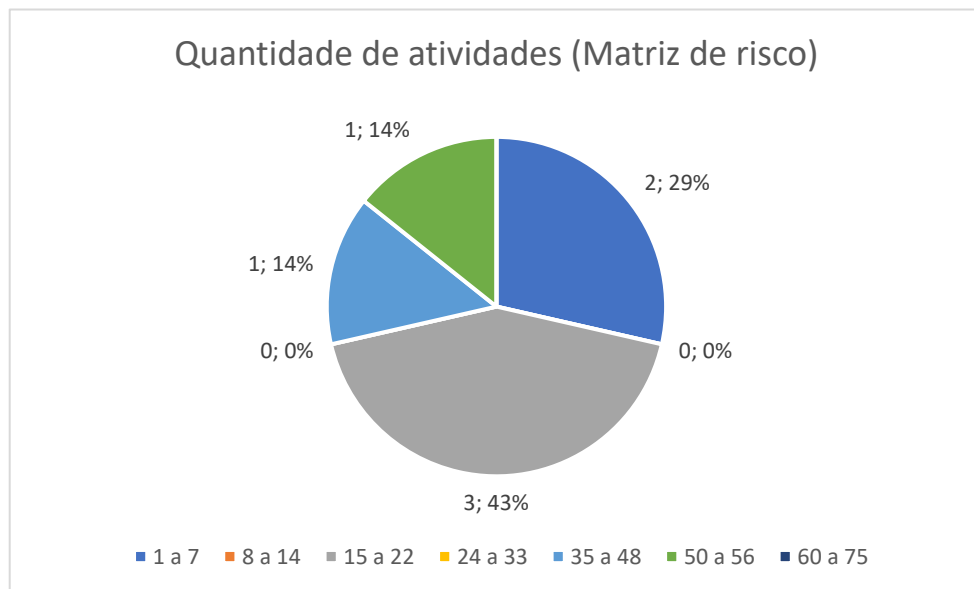


Figura 20 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do compressor de ar

5.9 Ar Condicionado

Por último, em relação ao AC, como se sabe este sistema é extremamente importante para o navio. As atividades de manutenção associadas a este sistema são de 1º escalão, o que indica que ocorrem mais frequentemente e por essa razão têm uma ocorrência e uma probabilidade de manutenção relativamente baixa, o que vai resultar em riscos mais baixos.

É de referir que as deteções de algumas das falhas associadas à manutenção são de mais fácil deteção o que também implica uma valorização mais baixa.

É de referir as 5 atividades de manutenção às quais não serão feitas devido ao baixo RPN.

É de salientar mais uma vez o número reduzido de atividades de manutenção associadas a este sistema, com poucas atividades de escalões mais elevados.

As tabelas e gráficos representados a baixo pode-se verificar as atividades de manutenção agrupadas consoante as medidas a tomar.

Tabela 26 - Intervalos de RPN, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC

| Intervalo de RPN | 1 a 6 | 8 a 15 | 16 a 27 | 30 a 40 | 45 a 50 | 60 a 80 | 100 a 125 |
|---------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Quantidade de atividades (FMEA) | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

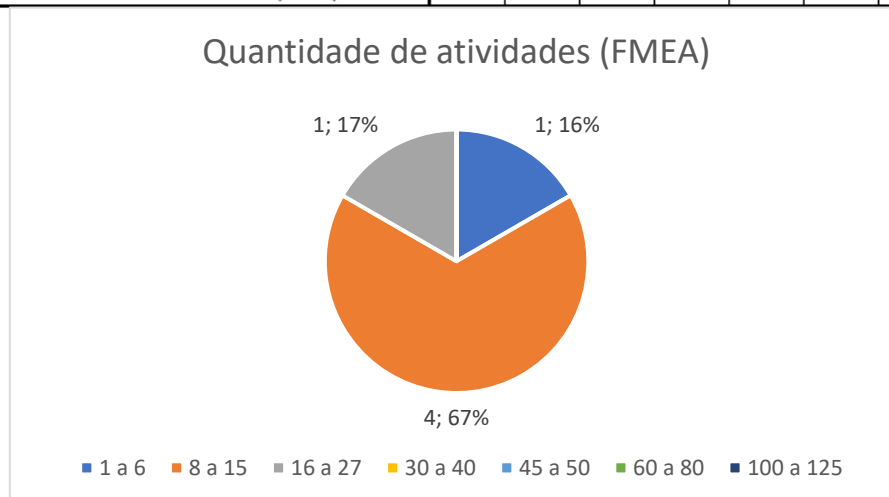


Figura 22 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC

Tabela 27 - Intervalos de R, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC

| Intervalo de RPN | 1 a 7 | 8 a 14 | 15 a 22 | 24 a 33 | 35 a 48 | 50 a 56 | 60 a 75 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quantidade de atividades (Matriz de risco) | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

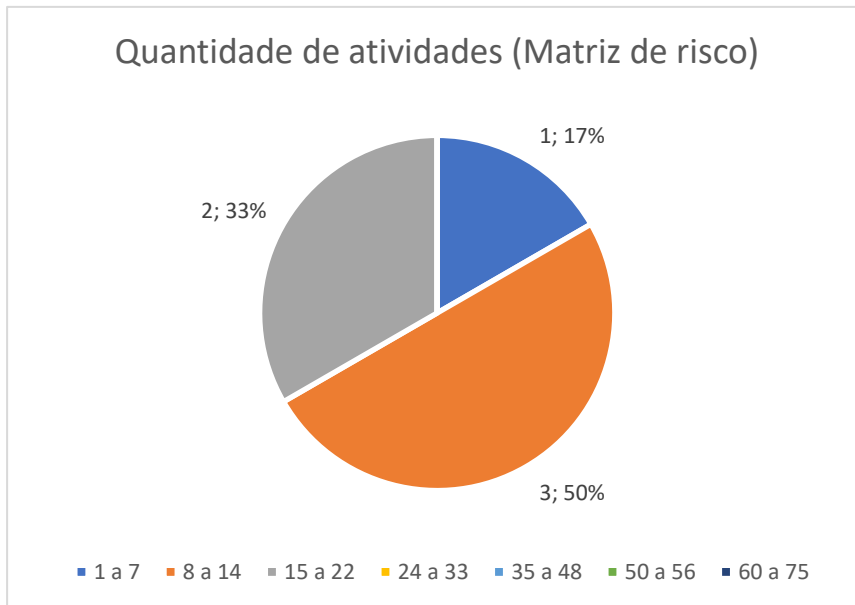


Figura 23 - Gráfico Circular, consoante as medidas que devem ser tomadas do AC

Por forma a priorizar as atividades segue uma tabela resumo das atividades de manutenção em termos de qual deve ser primeiro intervencionada

Tabela 258 - Tabela resumo

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|------------------|--|---|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| COMPRESSOR DE AR | SUBSTITUIÇÃO DO CAVIRÃO DOS EMBÔLOS | ÊMOLO FRATURADO | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 5 | 5 | 5 | 125 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS DO MOTOR | FALHA NA VEDAÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS/GRIPAGEM/FRATURA DE ÊMOLOS | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 4 | 5 | 5 | 100 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO CAVIRÃO DOS TIRANTES E RESPECTIVAS CAPAS | FALHA NA TAXA DE COMPRESSÃO DE COMBUSTÃO/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 3 | 5 | 5 | 75 |
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS VEDANTES DAS PÁS DO HÉLICE | VEDANTES DESGASTADOS/FALHA VEDAÇÃO | 5 | 5 | 1 | 2 | 40 | 4 | 4 | 5 | 80 |
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DOS SEGUEMENTOS DOS EMBÔLOS | ÊMOLO DESGASTADO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 5 | 4 | 4 | 80 |
| HÉLICES | INSPEÇÃO VISUAL A TODOS OS PARAFUSOS EXTERIORES E RESPECTIVO SISTEMA DE FRENAGEM | FOLGAS E DESAPERTOS/VIBRAÇÕES NO VEIO | 4 | 5 | 1 | 4 | 40 | 3 | 5 | 4 | 60 |
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DE FOLGA DA EMBRAIAGEM | EXCESSO DE FOLGA NA EMBRAIAGEM/VIBRAÇÕES/EVENTUAL FALHA CATASTRÓFICA | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 4 | 4 | 48 |
| HÉLICES | INSPEÇÃO VISUAL DAS PÁS DO HÉLICE | FISSURAS NAS PÁS DO HÉLICE/DESGASTE/DANOS MATERIAL | 3 | 5 | 1 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| GEE | LIMPEZA DO PERMUTADOR DE CALOR | OBSTRUÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO/TEMPERATURA DE PROJETO NÃO É ATINGIDA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DA FOLGA NA CHUMACEIRA DE IMPULSO | DANOS CAUSADOS POR IMPACTO/VIBRAÇÕES/POSSÍVEL FALHA CATASTRÓFICA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS ZINCOS | FRATURA DOS ZINCOS/FALTA PROTEÇÃO CATÓDICA | 3 | 5 | 1 | 3 | 27 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| CPP | MEDIÇÃO DE FOLGAS ENTRE A OD-BOX E O VEIO COM SUBSTITUIÇÃO DE RETENTORES | FUGA DE ÓLEO/DESALINHAMENTO | 4 | 3 | 1 | 4 | 32 | 2 | 4 | 4 | 32 |
| GEE | VERIFICAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO DO FILTRO DO AR (ACL) | FALHA NA COMBUSTÃO | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 3 | 4 | 3 | 36 |
| MEPP | VERIFICAR RUIDO E VIBRAÇÕES ANORMAIS DEVIDO A PROBLEMAS NOS ROLAMENTOS | DANOS NOS ROLAMENTOS/GRIPAGEM | 2 | 4 | 1 | 5 | 20 | 2 | 5 | 2 | 20 |
| MEPP | VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE OBSTRUÇÕES NAS ENTRADAS DE AR DE ARREFECIMENTO | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | 2 | 3 | 1 | 4 | 16 | 2 | 4 | 2 | 16 |

Conclusão

Ao realizar esta dissertação de mestrado permitiu retirar diversas conclusões, em relação às práticas de manutenção, e também na capacidade de poder tomar melhores decisões consoante o risco dos sistemas abordados.

No início desta dissertação foi proposto realizar uma análise de risco à manutenção dos navios da Marinha Portuguesa. Inicialmente o método para a realizar seria uma matriz de risco, mas, após alguma pesquisa bibliográfica, decidiu-se realizar uma matriz de risco e uma FMEA, de modo a poder ser mais preciso na realização da análise.

Como a análise de risco é sobre manutenção, foi necessário abordar este tema em dois aspetos diferentes, no aspeto da Marinha Portuguesa, e no aspeto civil, pois existem algumas diferenças apesar de no fim as práticas e o próprio planeamento convergem no mesmo objetivo.

Em relação à metodologia apresentada, que apresenta uma abordagem simples e eficaz, o que possibilita uma rápida assimilação do que é necessário realizar. Em que não apenas serve para a presente análise de risco, mas também para outras com diferentes abordagens. Para além de que a metodologia pode ser realizada de novo, podendo realizar um ciclo, devido ao facto de haver sempre possíveis melhorias em todos os pontos da metodologia.

A análise de risco à manutenção dos navios da marinha foi realizada de modo a poder-se estimar o risco no caso das atividades de manutenção presentes nas CARM's e FIT's não serem efetuadas, podendo levar assim a que o sistema fique degradado ou inoperacional, não podendo cumprir eventuais missões atribuídas. E desta forma decidir as manutenções imperativas de executar para que os navios cumpram com as missões atribuídas.

Ao realizar a análise de risco é de salientar várias atividades de manutenção que devem ser agora aplicadas, medidas preventivas ou corretivas, devido ao elevado risco associado. No caso das atividades de manutenção associadas ao GEE, ao CPP e ao MEPP são aplicadas medidas de monitorização como o caso de diminuir o intervalo

entre registos de temperatura e pressão ou verificar eventuais fugas de óleo, por forma a reduzir o Risco e o RPN.

Enquanto no caso do motor propulsor, da caixa redutora e do compressor de ar, em que a valorização do risco é mais elevada. As medidas tomadas em relação a estes sistemas, seria de realizar uma análise de vibrações por forma a verificar se os sistemas estão a funcionar nas devidas condições, e também devido a alguma dificuldade acrescida a realizar algumas atividades de manutenção.

É de salientar o caso das hélices, pois neste sistema as atividades de manutenção são realizadas entre longos períodos de tempo, e as falhas associadas a este sistema são catastróficas em relação a quase todos os parâmetros utilizados. Desta forma, devido à elevada valorização nos parâmetros PM e O o risco é demasiado elevado do que deveria de ser.

É de realçar que normalmente uma análise de risco é elaborada por uma equipa pluridisciplinar, devido ao facto de existirem mais ideias de pessoal especializado na área. Desta maneira, a especialização de cada um em determinada área vai possibilitar a obtenção de resultados mais fiáveis em menor tempo. Para além de que como uma análise de risco é contínua, depois de realizada existe sempre espaço para melhorar, ou adicionar mais parâmetros, se for necessário.

A análise de risco ajuda a tomar melhores decisões, se a mesma for bem realizada, e é necessário ter-se um bom sentido crítico em relação ao risco que é apresentado. Pois apesar de existirem riscos elevados, não é sinónimo de necessitar de intervenção imediata.

Apesar de existirem atividades de manutenção com um índice de risco reduzido, não quer dizer que sejam desprezadas, pois a manutenção é suposta ser realizada preventivamente ou preditivamente, por forma a mitigar custos e para o bom funcionamento dos sistemas.

É de referir que existem certos tipos de missões que podem ser realizadas mesmo com risco elevado, devido ao facto de que o equipamento poder estar a funcionar mesmo com um risco elevado, mas controlado.

Bibliografia

(s.d.).

Alan Kardec Pinto, J. N. (1998). *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation.

Bao, C., Wu, D., Wan, J., Li, J., & Chen, J. (2017). Comparison of different Methods to Design Risk Matrices from the perspective of Applicability. In *Procedia Computer Science*.

Baran, L. R. (2011). *Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso*. Ponta Grossa: UTFPR.

Baybutt, P. (2015). Calibration of risk matrices for process safety. *Loss Preservation in the Process Industries*, 163-168.

Brito, V. G. (Março de 2021). *O Ciclo de Vida dos Navios Militares*. Lisboa: Edições Culturais da Marinha.

Cabral, F. (2010). *Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho*. Verlong Dasher.

Cardos, R. M. (Outubro de 2019). *Organização e Gestão da Manutenção*. Obtido de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/36457/2/Ricardo-Manuel-Costa-Cardoso.pdf>.

Carvalho, F. C. (2007). Estudo comparativo entre diferentes métodos de Avaliação de Risco, em situação real de trabalho. Lisboa.

Carvalho, J. R. (2020). Estudo dos sistemas de Climatização dos Navios de Patrulha Oceânicos da Classe Viana do Castelo. Alfeite.

Covello, V. T. (1985). *Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective*.

Dailey, K. W. (2004). *The FMEA Pocket Handbook: Failure Mode and Effects Analysis*. DW Publishing.

Damanab, P. S., Alizadeh, S. S., Rasoulzadeh, Y., Moshashaie, P., & Varmazyar, S. (2015). Failure modes and effects analysis (FMEA) technique: a literature review.

Ferreira, H. d. (2020). Indicadores de desempenho da Manutenção dos navios da Marinha. Alfeite.

Ferreira, J. M. (2017). *Organização e gestão de manutenção naval*.

Garvin, D. A. (1998). *Managing quality: The strategic and competitive edge*. NY: Free press.

Júlio Nascif, L. C. (2013). *Manutenção Orientada para Resultados*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., . . . Noh, S. D. (2016). manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, v. 3, n. 1, p. 111–128.

Lotterman, A. A. (2014). *Elaboração de um Plano de Manutenção para Máquinas de Usinagem de Laboratório de Estudos da FAHOR*. Horizonte. Obtido de

http://baja.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2014/A_driano_Antonio_Lottermann.pdf

- Mahmood Shafiee, E. E. (21 de Março de 2021). An Integrated FTA-FMEA Model for Risk Analysis of Engineering Systems: A case study of Subsea Blowout Preventers.
- Marinelli, I. (2022). Revista de Manutenção.
- Marinha. (1984). ILMANT 512 - Manual do Sistema de Recolha e Tratamento de Dados. Lisboa: Direção do Serviço de Manutenção.
- Marinha. (1997). ILA 5(A)-Instruções para a Organização da Manutenção das Unidades Navais e Outros Meios de Ação Naval. Lisboa: Estado Maior da Armada.
- Marinha. (1998). ILDINAV 802. *Manual do Sistema da Manutenção e do Sub-Sistema de Manutenção Planeada*. Alfeite: Superintendência dos Serviços do Material, Direção de Navios .
- Marinha. (1 de Setembro de 2010). Manual de Sistema Instalação Propulsora. Direção de Navios.
- Marinha. (2020). ILDINAV 801-Ciclos de Manutenção das Unidades Navais e Helicópteros. Alfeite: Superintendência do Material, Direção de Navios.
- Markowski, A. S. (2008). Fuzzy risk matrix. *Journal of Hazardous material*, 152-157.
- Marques, A. B. (2020). Desenvolvimento do módulo de planeamento, de bordo, da Manutenção dos navios da Marinha. Alfeite.
- Mouta, C. S. (2011). Gestão da Manutenção. Covilhã.
- Mouta, S. S. (Junho de 2011). Gestão da Manutenção. Covilhã.
- NP EN 13306:2007. (s.d.). *Norma Portuguesa para terminologia de manutenção*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade: Documento impressos.
- Nuchpho, P., Nansaarn, S., & Pongpullponsak, A. (2014). Risk Assessment in the Organization by Using FMEA Innovation: A Literature Review. Thonburi, Thailand.
- Passinhas, T. M. (2013). Sistema para Predição da Procura de Sobressalentes (SPPS). Alfeite.
- Paul R. Garvey, Z. F. (1998). Risk Matrix: An Approach for Identifying, Assessing, and Ranking Program Risks. *Air Force Journal of Logistics*, 18-21.
- Pinnarat Nuchpho, S. N. (2014). Risk Assessment in the Organization by Using FMEA Innovation: A Literature Review. Thonburi, Thailand.
- Prata, H. (2014). *Manual de Manutenção de Edifícios - Guia Prático (2ª edição ed.)*. Porto: Publindústria, Edições Técnicas.
- Qingfeng, W. L. (2011). Development and application of equipment maintenance and safety integrity management system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.
- Ramos, P. G. (2012). *Organização e Gestão da Manutenção Industrial*. Covilhã.

- Raphael Araújo Barbosa, e. a. (Outubro de 2009). *Elaboração e Implementação de um plano de manutenção com auxílio do 5s: Metodologia aplicada em uma microempresa*. Obtido de https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13510.pdf
- Reis, E. R. (Outubro de 2015). Avaliação de Riscos na Atividade de Manutenção. Estudo de Caso.
- Robert Borgovini, S. P. (Abril de 1993). Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA). New York: IIT Research Intitute.
- Sampaio, R. P. (2023). *Gestão da Manutenção parte II*. Obtido de [chedassampaio.net: https://drive.google.com/file/d/1eFG-Phx9MJhs6ghGZmO4m_aXWzuxE5dH/view](https://drive.google.com/file/d/1eFG-Phx9MJhs6ghGZmO4m_aXWzuxE5dH/view)
- Sant'Anna, A. P., Silva, A. J., Lima, G. B., & Silva, C. M. (2015). Aplicação da composição probabilística de preferência na priorização de cenários críticos de riscos. *Anais do XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. Rio de Janeiro.
- Sheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., . . . Xu, X. S. (2018). *manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives v.13, n.2 p. 137-150*. Frontiers of Mechanical Engineering.
- Stamatis, D. H. (2003). *FMEA from Theory to Execution*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Vogel-Heuser, B., & Hess, D. (2016). *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. D. Guest Editorial Industry 4.0-Prerequisites and Visions.
- Xenos, H. G. (1998). *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Yoe, C. (2019). *Principles of Risk Analysis*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Apêndices

Valorização da Matriz de Risco

| R=PM*(Io+Ia+Is) | | |
|-----------------|----------------------------|---|
| VALORIZAÇÃO | RISCO | ATUAÇÃO |
| 1 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 3 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 4 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 5 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 6 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 7 | INSIGNIFICANTE | S/ ATUAÇÃO |
| 8 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 9 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 10 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 11 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 12 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 14 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 15 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 16 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 18 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 20 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 21 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 22 | ACEITAVEL | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS |
| 24 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 25 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 27 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 28 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 30 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 32 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 33 | SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRETIVAS |
| 35 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 36 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 40 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 45 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 44 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 48 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | INSCREVER NO PLANO DE GESTÃO E DEFINIR MEDIDAS CORRETIVAS, ATÉ RPN BAIXE PARA ACEITÁVEL |
| 50 | INACEITAVEL | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 52 | INACEITAVEL | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 55 | INACEITAVEL | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 56 | INACEITÁVEL | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 60 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 65 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 70 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |
| 75 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | BLOQUEAR SERVIÇOS ATE RPN BAIXAR A ACEITÁVEL |

Valorização da FMEA

| RPN=S*O*D | | |
|-------------|----------------------------|--|
| VALORIZAÇÃO | SIGNIFICÂNCIA | ATUAÇÃO |
| 1 | Insignificante | s/ atuação |
| 2 | INSIGNIFICANTE | s/ atuação |
| 3 | INSIGNIFICANTE | s/ atuação |
| 4 | INSIGNIFICANTE | s/ atuação |
| 5 | INSIGNIFICANTE | s/ atuação |
| 6 | INSIGNIFICANTE | s/ atuação |
| 8 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 9 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 10 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 12 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 15 | POUCO SIGNIFICATIVO | MONITORIZAR |
| 16 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 18 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 20 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 24 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 25 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 27 | ACEITAVEL | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas |
| 30 | SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas/corretivas |
| 32 | SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas/corretivas |
| 36 | SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas/corretivas |
| 40 | SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas preventivas/corretivas |
| 45 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas corretivas, até que SI baixe para aceitável |
| 48 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas corretivas, até que SI baixe para aceitável |
| 50 | EXTREMAMENTE SIGNIFICATIVO | inscrever no plano de gestão e definir medidas corretivas, até que SI baixe para aceitável |
| 60 | INACEITAVEL | bloquear serviços até SI baixar a aceitável |
| 75 | INACEITAVEL | bloquear serviços até SI baixar a aceitável |
| 80 | INACEITÁVEL | bloquear serviços até SI baixar a aceitável |
| 100 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | bloquear serviços até SI baixar a aceitável |
| 125 | INACEITÁVEL/NAVIO INOP | bloquear serviços até SI baixar a aceitável |

Análise de risco ao motor propulsor

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-----------------|--|---|-----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| MOTOR PROPULSOR | LIMPEZA DO COMPRESSOR DO SOBREALIMENTADOR | PERDA RENDIMENTO DA TURBINA/INJEÇÃO DE AR CONTAMINADO NA CAMARA COMBUSTÃO/EVENTUAL DESIQUILIBRIO | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 4 | 2 | 2 | 16 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR PURGAS DE CONDENSAÇÕES DO SISTEMA DE AR DE SOBREALIMENTAÇÃO | EVENTUAL CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO/GRIPAGEM | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 1 | 3 | 2 | 6 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO DIFERENCIAL/LIMPEZA DO FILTRO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | COLMATAÇÃO DE FILTROS/BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 4 | 1 | 3 | 2 | 24 | 2 | 5 | 4 | 40 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR PRESSÃO DIFERENCIAL DO FILTRO DE COMBUSTÍVEL | COLMATAÇÃO DE FILTROS/BAIXA PRESSÃO COMBUSTÍVEL/FALHA NA COMBUSTÃO/MOTOR EM DESIQUILIBRIO/VIBRAÇÕES | 2 | 2 | 3 | 3 | 16 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| MOTOR PROPULSOR | LIMPEZA DO FILTRO DE ÓLEO CENTRIFUGO | COLMATAÇÃO DE FILTROS | 2 | 3 | 2 | 2 | 14 | 2 | 5 | 2 | 20 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAÇÃO DE FUGAS, FIXAÇÃO DE ENCANAMENTOS E CABLAGEM | BAIXA PRESSÃO DOS CIRCUITOS DE FLUIDOS DO MOTOR/RISCO DE INCENDIO | 1 | 3 | 2 | 4 | 9 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E LIMPEZA DO FILTRO DE AR DO SOBREALIMENTADOR | COLMATAÇÃO DE FILTROS/COMBUSTÃO COM MENOS AR | 3 | 3 | 3 | 2 | 24 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO SISTEMA DE ALAVANCAS DO REGULADOR DE VELOCIDADE | FADIGA MECÂNICA/DESREGULAÇÃO DO MOTOR | 4 | 4 | 3 | 4 | 44 | 4 | 3 | 4 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE DETEÇÃO DE GASES DO CARTER | FALTA DE SINAL DO DISPOSITIVO DE DETEÇÃO/RISCO EXPLOSÃO | 3 | 5 | 4 | 5 | 42 | 5 | 5 | 3 | 75 |
| MOTOR | SUBSTITUIÇÃO DO ELEMENTO | COLMATAÇÃO FILTROS/CONTAMINAÇÃO DO | 0,1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 |

| PROPULSOR | FILTRANTE DO FILTRO DE COMBUSTIVEL | COMBUSTÍVEL | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|--|
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AOS ELEMENTOS FILTRANTES DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | PERDA DE EFICIENCIA DO ELEMENTO FILTRANTE/PERDA PRESSÃO LUBRIFICAÇÃO | 1 | 3 | 2 | 2 | 7 | 3 | 5 | 1 | 15 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPECIONAR O SISTEMA DE PURGA DE AR DO CIRCUITO DE AGUA DOCE DE ARREFECIMENTO DO MOTOR | VÁLVULAS DE PURGA DE AR ENTUPIDAS OU DEFEITUOSAS/ AR NO CIRCUITO/FALHA NO ENGODAR/ FALHA NA REFRIGERAÇÃO | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 3 | 3 | 3 | 27 | |
| MOTOR PROPULSOR | MEDIÇÃO DAS DEFLEÇÕES DO VEIO DE MANIVELAS | VIBRAÇÕES/FRATURA DO VEIO DE MANIVELAS | 1 | 5 | 2 | 5 | 12 | 4 | 5 | 1 | 20 | |
| MOTOR PROPULSOR | VEIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE ROTAÇÃO DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EVACUAÇÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR | VÁLVULAS DESAFINADAS/DESREGULAÇÃO/COMBUSTÃO INCOMPLETA | 3 | 3 | 2 | 3 | 24 | 4 | 4 | 3 | 48 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO VISUAL AS SECÇÕES DO VEIO DE RESSALTOS | FALHAS NA AFINAÇÃO DO MOTOR/FRATURA VEIO | 3 | 5 | 1 | 5 | 33 | 2 | 5 | 3 | 30 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | INSPECIONAR VISUALMENTE O CARTER DO MOTOR PROPULSOR | HUMIDADE NO INTERIOR DO CÂRTER/CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO, PRESENÇA DE LIMALHAS, OBJECTOS ESTRANHOS / PERIGO GRIPAGEM | 2 | 3 | 3 | 3 | 18 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| MOTOR PROPULSOR | ARREFECEDOR DE AR DE SOBREALIMENTAÇÃO - INSPECIONAR SISTEMAS DE AR E DE ÁGUA | PERDA DE PRESSÃO DO AR/AUMENTO DE TEMPERATURA/ALTERAÇÃO CARATERÍSTICAS QUIMICAS DA COMBUSTÃO | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPECIONAR E TESTAR OS INJETORES DE COMBUSTIVEL | COLMATAÇÃO DOS INJETORES/FALHA NA INJEÇÃO/INJECTORES A PINGAR/MÁ PULVERIZAÇÃO DO COMBUSTÍVEL | 3 | 3 | 2 | 4 | 27 | 2 | 4 | 3 | 24 |
| MOTOR | INSPEÇÃO AO FILTRO/SEPARADOR DE | COLMATAÇÃO DO FILTRO/CORROSÃO MATERIAIS, PRISÃO | 2 | 3 | 1 | 1 | 10 | 3 | 2 | 2 | 12 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---|-----|---|---|---|----|---|---|---|----|--|
| PROPULSOR | ÁGUA DO AR DE CONTROLO | DE ORGÃO EM MOVIMENTO/O CONTROLO PARA O QUAL FOI CONCEBIDO NÃO É EFETUADO. | | | | | | | | | | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO DO REGULADOR DE VELOCIDADE | PERDA DE VISCOSIDADE | 0,1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS JUNTAS DO FILTRO CENTRIFUGO DE ÓLEO | DERRAME DE ÓLEO/PERIGO DE INCÊNDIO | 1 | 4 | 4 | 2 | 10 | 1 | 3 | 1 | 3 | |
| MOTOR PROPULSOR | ARREFECEDOR DE AR DE SOBREALIMENTAÇÃO - INSPECÇÃO AO LADO DO AR | FUGA DE ÁGUA SALGADA (NÃO REALIZA AS TROCAS DE CALOR IDEALMENTE)/AUMENTO DA TEMPERATURA DO AR SOBREALIMENTAÇÃO, ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO | 4 | 2 | 1 | 2 | 20 | 4 | 3 | 4 | 48 | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DOS ELEMENTOS FILTRANTES DO FILTRO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | PERDA DE EFICIENCIA DOS ELEMENTOS FILTRANTES | 2 | 3 | 3 | 4 | 20 | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS DO CIRCUITO DE ÁGUA DOCE DE ARREFECIMENTO | FALHA NA REGULAÇÃO DE TEMPERATURA/SE TEMPERATURAS DEMASIADO ELEVADAS PROVOCA LIMITAÇÃO NA POTÊNCIA. | 1 | 3 | 1 | 4 | 8 | 4 | 4 | 1 | 16 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO VISUAL AO RESSALTOS DOS IMPELIDORES DAS VALVULAS DE ADMISSÃO E DE EVACUAÇÃO DE UMA CABEÇA | FRATURA DOS BALANCEIROS E COMPONENTES EM CONTATO, EVENTUAIS DANOS NA CABEÇA DO MOTOR | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 2 | 4 | 3 | 24 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO VISUAL A UMA CHUMACEIRA DE APOIO DO VEIO DE MANIVELAS | PEÇAS SOLTAS OU DESGASTADAS/PERIGO DE DANOS NO VEIO DE MANIVELAS/GRIPAGEM DO MOTOR. | 1 | 3 | 2 | 3 | 8 | 1 | 4 | 1 | 4 | |
| MOTOR PROPULSOR | ANÁLISE AO ÓLEO DO AMORTECEDOR DE VIBRAÇÕES DO VEIO DE MANIVELAS | EVENTUAL CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO/GRIPAGEM | 1 | 3 | 2 | 2 | 7 | 4 | 3 | 1 | 12 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO MOTOR DE AR DE ARRANQUE | FALHA DE ARRANQUE NO MOTOR/NAVIO SEM PROPULSÃO | 2 | 5 | 2 | 5 | 24 | 2 | 5 | 2 | 20 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO SISTEMA DE DE GASES DE EVACUAÇÃO DO MOTOR | CONDUTA DOS GASES DE EVACUAÇÃO OBSTRUÍDA | 2 | 3 | 3 | 3 | 18 | 1 | 4 | 2 | 8 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | INSPECIONAR UM FIXE DE UMA BOMBA INJETORA, RESPECTIVO RESSALTO E MOLA | VALVULA DE CONTROLO DESREGULADA/INJEÇÃO INCOMPLETA OU NO TEMPO ERRADO/FALHA COMBUSTÃO OU INCOMPLETA. | 3 | 3 | 1 | 4 | 24 | 3 | 4 | 3 | 36 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AO ARREFECEDOR DE AR DE SOBREALIMENTAÇÃO | CONTAMINAÇÃO POR ÁGUA SALGADA (ÁGUA DO MAR)/CORROSÃO | 4 | 2 | 1 | 2 | 20 | 4 | 3 | 4 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO AOS SOBREALIMENTADORES DA BANCA A E B | ENTUPIAMENTO NA LINHA DE ALIMENTAÇÃO/DEGRADAÇÃO PRECOCE DOS SOBREALIMENTADORES | 4 | 2 | 1 | 3 | 24 | 4 | 3 | 4 | 48 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO CIRCUITO INTERNO DE ÁGUA DE CIRCULAÇÃO DO BLOCO DO MOTOR | FALTA DE ÁGUA NO CIRCUITO/SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR, DESCIDA DA POTÊNCIA DISPONÍVEL DEVIDO À LIMITAÇÃO DE TEMPERATURA. | 2 | 4 | 1 | 4 | 18 | 4 | 4 | 2 | 32 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AS CAMISAS DOS CILINDROS DO MOTOR | FRATURAS, EVENTUAIS DESGASTES OU CORROSÕES | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 4 | 4 | 64 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS VALVULAS DE SEGURANÇA DAS CABEÇAS DO MOTOR | VEDAÇÃO DEFEITUOSA/RISCO EXPLOÇÃO POR EXCESSO PRESSÃO | 3 | 4 | 3 | 4 | 33 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL A TODAS AS CABEÇAS DO MOTOR | RISCO FRATURA/CONTAMINAÇÕES/FALHAS NAS VEDAÇÕES DAS VÁLVULAS/ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 4 | 4 | 64 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL DAS VALVULAS DE ADMISSÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR | RISCO FRATURA VÁLVULAS/FALHAS NAS VEDAÇÕES DAS VÁLVULAS/ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO | 5 | 4 | 1 | 4 | 45 | 4 | 4 | 5 | 80 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS VÁLVULAS DE | RISCO FRATURA VÁLVULAS/FALHAS NAS VEDAÇÕES DAS VÁLVULAS/ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO/EVACUAÇÃO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 4 | 4 | 64 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| | EVACUAÇÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR | | | | | | | | | | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AOS ROLETES DE RESSALTOS DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EVACUAÇÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR | VIBRAÇÃO EXCESSIVA/RISCO FRATURA VÁLVULAS/FALHAS NAS VEDAÇÕES DAS VÁLVULAS/ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO/EVACUAÇÃO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 4 | 4 | 64 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AOS BALANCEIROS E RESPETIVOS FIXES | FRATURA DOS BALANCEIROS E COMPONENTES EM CONTATO, EVENTUAIS DANOS NA CABEÇA DO MOTOR | 3 | 4 | 1 | 4 | 27 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO CAVIRÃO DOS TIRANTES E RESPETIVAS CAPAS | FALHA NA TAXA DE COMPRESSÃO DE COMBUSTÃO/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 3 | 5 | 5 | 75 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AOS TIRANTES | DESGASTE EXCESSIVO DOS CAVIRÕES/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 5 | 4 | 80 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AOS EMBOLOS COM SUBSTITUIÇÃO DOS AROS | DESGASTE EXCESSIVO DOS ÊMBOLOS//FALHA NA TAXA DE COMPRESSÃO DE COMBUSTÃO/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 4 | 4 | 2 | 4 | 40 | 5 | 4 | 4 | 80 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CAPAS E INSPEÇÃO AOS MUNHÕES DO VEIO DE MANIVELAS | DESGASTE EXCESSIVO DOS ORGÃOS EM CONTATO/FALHA CASTASTRÓFICA COM FRATURA COMPONENTES/GRIPAGEM | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 5 | 4 | 4 | 80 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DO RETENTOR DO VEIO DE MANIVELAS | DESGASTE DOS RETENTORES/FUGAS DE ÓLEO | 3 | 4 | 4 | 4 | 36 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO A DISTRIBUIÇÃO DO VEIO DE MANIVELAS | FALHA NOS ORGÃOS ACESSÓRIOS DO MOTOR | 3 | 4 | 1 | 4 | 27 | 4 | 4 | 3 | 48 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO AO MOTOR DE ARRANQUE COM SUBSTITUIÇÃO DE JUNTAS | DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DO MOTOR DE ARRANQUE | 2 | 3 | 3 | 3 | 18 | 4 | 3 | 2 | 24 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO A UMA CHUMACEIRA DE APOIO E RESPECTIVAS CAPAS DO VEIO DE RESSALTOS | DESGASTE E DESLOCAMENTO DOS ELEMENTOS DE SUPORTE/GRIPAGEM | 2 | 4 | 3 | 3 | 20 | 3 | 3 | 2 | 18 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DOS O'RINGS DAS LINHAS DE ALIMENTAÇÃO E RETORNO DE COMBUSTIVEL | FUGA DE COMBUSTÍVEL/RISCO DE INCÊNDIO | 2 | 4 | 5 | 3 | 24 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DOS TUBOS DE ALTA PRESSÃO DE COMBUSTIVEL | FUGAS NOS TUBOS/RISCO DE INCÊNDIO | 3 | 4 | 3 | 2 | 27 | 1 | 4 | 3 | 12 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL A BOMBA DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTIVEL | DESGASTE DOS COMPONENTES INTERNOS/FALHA OU QUEBRA DE PRESSÃO NO CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO COMBUSTÍVEL | 4 | 4 | 1 | 3 | 32 | 5 | 3 | 4 | 60 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO A TODOS OS FIXES DAS BOMBAS INJETORAS, ROLETES E MOLAS RESPECTIVAS | VIBRAÇÕES/FALHA NA INJEÇÃO | 2 | 3 | 1 | 3 | 14 | 5 | 4 | 2 | 40 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL A TODAS AS BOMBAS INJETORAS | FALHA NO SISTEMA DE INJEÇÃO DE COMBUSTIVEL | 3 | 4 | 1 | 3 | 24 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DOS ELEMENTOS INTERNOS DO INJETOR | VEDAÇÃO DO BICO DO INJETOR DESGASTADA/COMBUSTÃO SEM MISTURA ESTEQUIOMETRICA PRETENDIDA | 2 | 4 | 1 | 4 | 18 | 5 | 4 | 2 | 40 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AO SISTEMA DE ALAVANCAS DO REGULADOR DE VELOCIDADE | FALHA NO SISTEMA DE ENGRENAGENS (DESALINHAMENTO)/DESREGULAÇÃO DA COMBUSTÃO DO MOTOR E NO FUNCIONAMENTO EM GERAL. | 3 | 4 | 1 | 4 | 27 | 5 | 4 | 3 | 60 |
| MOTOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL DO | DESREGULAÇÃO DO MOTOR E NO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 4 | 4 | 4 | 64 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|--|
| PROPULSOR | REGULADOR DE VELOCIDADE | FUNCIONAMENTO EM GERAL. | | | | | | | | | | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AO ACOPLAMENTO DO REGULADOR DE VELOCIDADE | ACOPLAMENTO DESGASTADO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 4 | 4 | 48 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL AS BOMBAS DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | BAIXA PRESSÃO DE ÓLEO/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/ENTUPIMENTO DA BOMBA | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 4 | 4 | 48 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO AO ARREFECEDOR DE ÓLEO | CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO/TEMPERATURAS EXCESSIVAS | 3 | 4 | 3 | 4 | 33 | 2 | 4 | 3 | 24 | |
| MOTOR PROPULSOR | INSPEÇÃO E REVISÃO GERAL DAS BOMBAS DE ÁGUA DE CIRCULAÇÃO DO CIRCUITO DE ALTA E BAIXA TEMPERATURA | CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO/TEMPERATURAS EXCESSIVAS/OBSTRUÇÃO DA LINHA DE ÁGUA | 4 | 2 | 1 | 2 | 20 | 2 | 2 | 4 | 16 | |
| MOTOR PROPULSOR | AFINAÇÃO DAS FOLGAS DAS VALVULAS DE ADMISSÃO E EVACUAÇÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR PROPULSOR | AUMENTO DO NÍVEL DE EMISSÃO DE GASES POLUENTES/DESREGULAÇÃO MOTOR/COMBUSTÃO INCOMPLETA/TEMPERATURAS EXCESSIVAS NOS GASES DE EVACUAÇÃO | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| MOTOR PROPULSOR | RODAGEM APÓS UMA GRANDE REVISÃO | RISCO ACRESCIDO DE FALHA CATASTRÓFICA SE NÃO CUMPRIDO. | 1 | 5 | 5 | 5 | 15 | 2 | 5 | 1 | 10 | |
| MOTOR PROPULSOR | VERIFICAÇÃO PONTO DE INJEÇÃO | MOTOR DESREGULADO/VIBRAÇÕES EXCESSIVAS/FALHAS NA COMBUSTÃO | 2 | 4 | 3 | 4 | 22 | 2 | 4 | 2 | 16 | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS, DO CIRCUITO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | 1 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 1 | 9 | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIR AS VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS DO CIRCUITO DE ÁGUA DOCE DE ARREFECIMENTO DE ALTA E BAIXA TEMPERATURA | VALVULA TERMOSTATICA DESREGULADA | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 6 | |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CAPAS E INSPEÇÃO A CHUMACEIRA PRINCIPAL DO VEIO DE MANIVELAS | CORROSÃO DA CHUMACEIRA | 3 | 4 | 1 | 3 | 24 | 1 | 5 | 3 | 15 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|-----|
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS DO MOTOR | FALHA NA VEDAÇÃO DAS CAMISAS DOS CILINDROS/GRIPAGEM/FRATURA DE ÊMBOLOS | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 4 | 5 | 5 | 100 |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|-----|

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO DAS CABEÇAS DO MOTOR. | FRATURAS VÁLVULAS/FALHAS NA COMBUSTÃO/ABERTURA EXCESSIVA DA VÁLVULA | 3 | 4 | 1 | 4 | 27 | 2 | 5 | 3 | 30 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DO CAVIRÃO DOS EMBOLOS E RESPECTIVAS CAPAS. | FRATURAS NOS ÊMBOLOS | 3 | 5 | 1 | 5 | 33 | 5 | 5 | 3 | 75 |
| MOTOR PROPULSOR | INSPECÇÃO E REVISÃO GERAL AO MOTOR DE AR DE ARRANQUE. | FALHAS DE ARRANQUE, PRISÕES NO MOTOR AR ARRANQUE, FALHA CATASTRÓFICA NO MOTOR AR DE ARRANQUE | 4 | 3 | 1 | 3 | 28 | 4 | 3 | 4 | 48 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DAS CONDUTAS DE LIGAÇÃO ENTRE AS CABEÇAS DO MOTOR E O COLECTOR DE EVACUAÇÃO. | OBSTRUÇÃO OU FRATURA DAS CONDUTAS | 2 | 3 | 1 | 3 | 14 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DO COMPRESSOR DOS SOBREALIMENTADORES DA BANCA A E B. | FALHAS NO AR DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 3 | 4 | 36 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DOS EMBOLOS | FRATURAS DOS EMBOLOS /GRIPAGEM | 2 | 5 | 1 | 5 | 22 | 5 | 5 | 2 | 50 |
| MOTOR PROPULSOR | SUBSTITUIÇÃO DA TURBINA DOS SOBREALIMENTADORES | FALHA NA VEDAÇÃO DA TURBINA/FALHA NO AR DE SOBREALIMENTAÇÃO | 1 | 4 | 1 | 4 | 9 | 3 | 3 | 1 | 9 |

Análise de risco à caixa redutora

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|----------------|---|---|-----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| CAIXA REDUTORA | INSPECIONAR O ESTADO E AS LIGAÇÕES DOS ENCANAMENTOS E POSSÍVEIS FUGAS NA CAIXA REDUTORA | FUGA DE ÓLEO/RISCO DE INCÊNDIO | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| CAIXA REDUTORA | VERIFICAÇÃO DE PARÂMETROS EM FUNCIONAMENTO DOS MANÓMETROS E INDICADORES | MANÓMETRO AVARIADO, PERIGO DE GRIPAGEM, DANOS NO EQUIPAMENTO | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 6 |
| CAIXA REDUTORA | VERIFICAR A EXISTENCIA DE RUIDOS ANORMAIS NAS EMBRAIAGENS, ROLAMENTOS E BOMBAS | DESALINHAMENTO MECÂNICO, PERIGO DE GRIPAGEM, FALHA CATASTRÓFICA | 0,1 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 8 |
| CAIXA REDUTORA | VERIFICAÇÃO DE FUNCIONAMENTO E CALIBRAÇÃO DOS SENSORES | RISCO BAIXA PRESSÃO DE ÓLEO/PERIGO FALHA LUBRIFICAÇÃO | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| CAIXA REDUTORA | LIMPEZA E SUBSTITUIÇÃO DOS ELEMENTOS FILTRANTES DO FILTRO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | OBSTRUÇÃO DOS ELEMENTOS FILTRANTES/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/GRIPAGEM/AVARIA CATASTRÓFICA | 2 | 4 | 2 | 5 | 22 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| CAIXA REDUTORA | LIMPEZA E SUBSTITUIÇÃO DOS ELEMENTOS FILTRANTES DO FILTRO DE ÓLEO DE ALTA PRESSÃO | FILTRO DE ÓLEO DANIFICADO OU COLMATADO/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/GRIPAGEM/AVARIA CATASTRÓFICA | 2 | 5 | 2 | 5 | 24 | 3 | 5 | 2 | 30 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|--|-----|---|---|---|-----|---|---|---|----|
| CAIXA REDUTORA | ANÁLISE DE AMOSTRA DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | ÓLEO CONTAMINADO/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/GRIPAGEM/AVARIA CATASTRÓFICA | 1 | 4 | 3 | 5 | 12 | 3 | 5 | 1 | 15 |
| CAIXA REDUTORA | INSPECIONAR VISUALMENTE CAIXAS | DESGASTE DE ENGRENAGENS/AVARIA CATASTRÓFICA | 1 | 5 | 2 | 5 | 12 | 1 | 5 | 1 | 5 |
| CAIXA REDUTORA | INSPECIONAR ACOPLAMENTOS FLEXIVEIS | PERIGO DE FUGA DE ÓLEO/RISCO DE INCÊNDIO | 0,1 | 2 | 3 | 2 | 0,7 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| CAIXA REDUTORA | SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO | PARÂMETROS FUNCIONAMENTO FORA DO NORMAL/GRIPAGEM/AVARIA CATASTRÓFICA | 1 | 4 | 3 | 5 | 12 | 2 | 4 | 1 | 8 |
| CAIXA REDUTORA | VERIFICAR O ESTADO DE FUNCIONAMENTO DAS EMBRAIAGENS | DANOS NA EMBRAIAGEM DEVIDO A VIBRAÇÕES | 2 | 3 | 1 | 3 | 14 | 3 | 4 | 2 | 24 |
| CAIXA REDUTORA | INSPECIONAR OS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO | OXIDAÇÃO DOS PARAFUSOS/VIBRAÇÕES POR DESAPERTO | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 0,3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| CAIXA REDUTORA | LIMPEZA DO ARREFECEDOR DE ÓLEO | ÓLEO NÃO ATINGE TEMPERATURAS ESPERADAS/OBSTRUÇÃO DO ARREFECEDOR, SOBREAQUECIMENTO DE ÓLEO/FALHA LUBRIFICAÇÃO | 2 | 2 | 3 | 3 | 16 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DA FOLGA NA CHUMACEIRA DE IMPULSO | DANOS CAUSADOS POR IMPACTO/VIBRAÇÕES/POSSÍVEL FALHA CATASTRÓFICA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DO DESGASTE DO ROLAMENTOS AXIAIS DO PROPULSOR | VIBRAÇÃO EXCESSIVA NA CAIXA REDUTORA | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 4 | 3 | 3 | 36 |
| CAIXA REDUTORA | DESMONTAR, LIMPAR E INSPECIONAR VÁLVULA TERMOSTÁTICA | FALHA NA VEDAÇÃO/TEMPERATURA EXCESSIVA/FALHA LUBRIFICAÇÃO | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 2 | 3 | 2 | 12 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| CAIXA REDUTORA | MEDIÇÃO DE FOLGA DA EMBRAIAGEM | EXCESSO DE FOLGA NA EMBRAIAGEM/VIBRAÇÕES/EVENTUAL FALHA CATASTRÓFICA | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 3 | 4 | 4 | 48 |
| CAIXA REDUTORA | INSPEÇÃO DE ELEMENTOS DE ACOPLAMENTO E RESPECTIVAS ESTRIAS DAS BOMBAS DE ÓLEO | FOLGA NA ACOPLAMENTO/FUGA DE ÓLEO/FALHA NA PRESSÃO DE ÓLEO | 4 | 2 | 3 | 2 | 28 | 2 | 2 | 4 | 16 |
| CAIXA REDUTORA | INSPEÇÃO AOS ROLAMENTOS AXIAIS | DESGASTE DOS ROLETES/FRATURA DOS ROLAMENTOS | 3 | 3 | 1 | 3 | 21 | 3 | 4 | 3 | 36 |
| CAIXA REDUTORA | INSPEÇÃO AOS ROLAMENTOS PRINCIPAIS | SOBREQUECIMENTO DO ROLAMENTO/DESGASTE DOS ROLETES/FRATURA DOS ROLAMENTOS | 2 | 3 | 1 | 3 | 14 | 4 | 3 | 2 | 24 |

Análise de risco das chumaceiras dos veios da propulsão por linha de veios

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-----------------------------------|---|--|-----|----|----|----|-----|---|---|---|------------|
| CHUMACEIRAS DOS VEIOS A PROPULSÃO | VERIFICAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE APOIO DO VEIO | DESGASTE PREMATURO DOS COMPONENTES (FRICÇÃO) | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 0,5 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| CHUMACEIRAS DOS VEIOS A PROPULSÃO | CONTROLO DA LUBRIFICAÇÃO NAS CHUMACEIRAS DE APOIO DO VEIO | CORROSÃO | 1 | 1 | 2 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 9 |
| CHUMACEIRAS DOS VEIOS A PROPULSÃO | SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DAS CHUMACEIRAS DE APOIO | CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO/PERDA PROPRIEDADES/GRIPAGEM | 2 | 3 | 3 | 4 | 20 | 2 | 3 | 2 | 12 |

Análise de risco ao CPP

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|--|-----|----|----|----|-----|---|---|---|------------|
| CPP | VERIFICAÇÃO DA TEMPERATURA E DO ESTADO DO ARREFECEDOR DE ÓLEO HIDRÁULICO | ÓLEO A ELEVADAS TEMPERATURAS | 2 | 2 | 2 | 1 | 10 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| CPP | VERIFICAÇÃO DO ESTADO DE CONTAMINAÇÃO DO FILTRO DE ÓLEO | OBSTRUÇÃO DO FILTRO | 1 | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| CPP | VERIFICAÇÃO DO NIVEL NOS TANQUES DE ÓLEO HIDRÁULICO | FUGAS DE ÓLEO | 1 | 2 | 3 | 2 | 7 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| CPP | VERIFICAÇÃO DE RUÍDOS ANORMAIS NAS ELETROBOMBAS DAS UNIDADES HIDRÁULICAS | DESGASTE DE MATERIAL/PERIGO FALHA CATASTRÓFICA | 2 | 4 | 2 | 4 | 20 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| CPP | VERIFICAÇÃO DAS PRESSÕES DE ÓLEO DO SISTEMA HIDRÁULICO | BAIXA PRESSÃO DE ÓLEO/PERIGO GRIPAGEM | 1 | 4 | 2 | 4 | 10 | 2 | 4 | 1 | 8 |
| CPP | TESTE VÁLVULA DE SEGURANÇA E PRESSOSTATOS | VALVULA DE SEGURANÇA DESREGULADA/PERIGO BAIXA PRESSÃO/GRIPAGEM | 2 | 4 | 1 | 5 | 20 | 2 | 5 | 2 | 20 |
| CPP | TESTE DE FUNCIONAMENTO À UNIDADE HIDRÁULICA | OBSTRUÇÃO DE VÁLVULAS/FALHA NA LUBRIFICAÇÃO | 3 | 3 | 2 | 3 | 24 | 2 | 4 | 3 | 24 |
| CPP | TESTE DE FUNCIONAMENTO AOS PRESSOSTATOS PRS1A / 1B E PRS2 E VÁLVULA DE SEGURANÇA | PRESSOSTATOS DESREGULADOS/BAIXA PRESSÃO OLEO | 0,1 | 3 | 1 | 3 | 0,7 | 2 | 4 | 1 | 8 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|----|
| CPP | SUBSTITUIÇÃO DO ELEMENTO FILTRANTE DO FILTRO DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO | DETERIORIZAÇÃO DO ELEMENTO FILTRANTE /BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 2 | 2 | 2 | 3 | 14 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| CPP | INSPECÇÃO A ENCANAMENTOS E A TODOS OS ELEMENTOS DE LIGAÇÃO À OD-BOX | FUGA DE ÓLEO/BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 1 | 2 | 3 | 3 | 8 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| CPP | ANÁLISE AO ÓLEO | BAIXA VISCOSIDADE DO ÓLEO/OLEO | 0,1 | 4 | 1 | 4 | 0,9 | 2 | 4 | 1 | 8 |
| CPP | INSPECÇÃO A ENCANAMENTOS, FLEXÍVEIS E FLANGES | FUGAS DE FLUIDOS | 1 | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| CPP | SUBSTITUIÇÃO DOS TRANSDUTORES DA CAIXA TRANSMISSORA | FALHA NOS SENSORES DA CAIXA TRANSMISSORA | 2 | 3 | 1 | 2 | 12 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| CPP | DRENAGEM DO CIRCUITO DE ÓLEO PARA VERIFICAÇÃO DO ISOLAMENTO DO SISTEMA A ÁGUA | FALHA NA VEDAÇÃO ENTRE OS DOIS CIRCUITOS | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 | 3 | 4 | 2 | 24 |
| CPP | MEDIÇÃO DE FOLGAS ENTRE A OD-BOX E O VEIO COM SUBSTITUIÇÃO DE RETENTORES | FUGA DE ÓLEO/DESALINHAMENTO | 4 | 3 | 1 | 4 | 32 | 2 | 4 | 4 | 32 |
| CPP | LIMPEZA DOS TANQUES E SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO (TANQUES DE SERVIÇO E COMPENSAÇÃO) | PERDA DE VISCOSIDADE/FALHA DE LUBRIFICAÇÃO/BAIXA PRESSÃO ÓLEO | 4 | 3 | 1 | 2 | 24 | 3 | 3 | 4 | 36 |

Análise de risco aos hélices

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|---|--|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS VEDANTES DAS PÁS DO HÉLICE | VEDANTES DESGASTADOS/FALHA VEDAÇÃO | 5 | 5 | 1 | 2 | 40 | 4 | 4 | 5 | 80 |
| HÉLICES | SUBSTITUIÇÃO DOS ZINCOS | FRATURA DOS ZINCOS/FALTA PROTEÇÃO CATÓDICA | 3 | 5 | 1 | 3 | 27 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| HÉLICES | INSPEÇÃO VISUAL DAS PÁS DO HÉLICE | FISSURAS NAS PÁS DO HÉLICE/DESGASTE/DANOS MATERIAL | 3 | 5 | 1 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |
| HÉLICES | INSPECÇÃO VISUAL A TODOS OS PARAFUSOS EXTERIORES E RESPECTIVO SISTEMA DE FRENAGEM | FOLGAS E DESAPERTOS/VIBRAÇÕES NO VEIO | 4 | 5 | 1 | 4 | 40 | 3 | 5 | 4 | 60 |

Análise de risco ao GEE

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|---|-----|----|----|----|-----|---|---|---|------------|
| GEE | VERIFICAÇÃO DE FUGAS DE COMBUSTÍVEL, ÁGUA OU ÓLEO | DANOS NO BLOCO DOS GERADORES | 0,1 | 2 | 3 | 2 | 0,7 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| GEE | LAVAGEM DO CIRCUITO E SUBSTITUIÇÃO DO FLUÍDO DO SISTEMA DE ÁGUA DOCE DE CIRCULAÇÃO | CORROSÃO ACELERADA | 1 | 2 | 1 | 3 | 6 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| GEE | MUDANÇA DO ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO DO MOTOR E DO FILTRO DE ÓLEO DE PASSAGEM PARCIAL | FALTA DE PRESSÃO NA BOMBA/FALHA LUBRIFICAÇÃO/DESGASTE MATERIAL | 2 | 3 | 1 | 3 | 14 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| GEE | SUBSTITUIÇÃO DOS FILTROS DUPLOS DE ÓLEO DO MOTOR | OBSTRUÇÃO DOS FILTROS/FALHA LUBRIFICAÇÃO | 2 | 1 | 1 | 2 | 8 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| GEE | SUBSTITUIÇÃO DOS FILTROS DE COMBUSTÍVEL | OBSTRUÇÃO DOS ELEMENTOS FILTRANTES/COMBUSTÍVEL CONTAMINADO/OBSTRUÇÃO INJECTORES | 0,1 | 3 | 3 | 3 | 0,9 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| GEE | PURGAR O SISTEMA DE COMBUSTÍVEL | AR NO SISTEMA/SISTEMA DESENGODADO/RESÍDUOS NO SISTEMA/FALHA NA INJEÇÃO | 2 | 3 | 3 | 3 | 18 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| GEE | SUBSTITUIÇÃO DO FILTRO DE ÁGUA DOCE | FILTRO COLMATADO/ÁGUA COM RESÍDUOS | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| GEE | VERIFICAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO DOS ÂNODOS DE ZINCO | DETERIORAÇÃO DOS ÂNODOS/CORROSÃO | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 | 3 | 1 | 3 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| GEE | VERIFICAÇÃO DAS FOLGAS DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E DE EVACUAÇÃO | MOTOR DESREGULHADO-DESAFINADO/FUGA DE GASES | 1 | 3 | 2 | 3 | 8 | 4 | 3 | 1 | 12 |
| GEE | VERIFICAÇÃO E REGULAÇÃO DA PRESSÃO DE INJEÇÃO DOS INJECTORES | FALHA NA INJEÇÃO | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 | 3 | 4 | 2 | 24 |
| GEE | VERIFICAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO DO FILTRO DO AR (ACL) | FALHA NA COMBUSTÃO | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 3 | 4 | 3 | 36 |
| GEE | INSPECÇÃO E LIMPEZA DO ARREFECEDOR DE AR DE ALIMENTAÇÃO | ENCANAMENTOS OBSTRUIDOS/AR NÃO ATINGE A TEMPERATURA DESEJADA/ALTERAÇÕES NA COMBUSTÃO | 2 | 3 | 2 | 3 | 16 | 3 | 4 | 2 | 24 |
| GEE | LIMPEZA DO PERMUTADOR DE CALOR | OBSTRUÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO/TEMPERATURA DE PROJETO NÃO É ATINGIDA | 3 | 4 | 2 | 4 | 30 | 4 | 4 | 3 | 48 |

Análise de risco ao compressor de ar

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|------------------|--|--|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| COMPRESSOR DE AR | MUDANÇA DE ÓLEO | DETERIORAÇÃO DO ÓLEO (ALTAS TEMPERATURAS) | 2 | 2 | 4 | 3 | 18 | 4 | 4 | 2 | 32 |
| COMPRESSOR DE AR | MUDANÇA DO FILTRO DE AR | OBSTRUÇÃO DO FILTRO | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 |
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DO ESTADO DAS VÁLVULAS DO COMPRESSOR | GRIPAGEM/CONTAMINAÇÃO CIRCUITO AR COMPRIMIDO | 2 | 4 | 1 | 4 | 18 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DOS SEGUEMENTOS DOS EMBÔLOS | ÊMBOLO DESGASTADO | 4 | 4 | 1 | 4 | 36 | 5 | 4 | 4 | 80 |
| COMPRESSOR DE AR | SUBSTITUIÇÃO DO CAVIRÃO DOS EMBÔLOS | ÊMBOLO FRATURADO | 5 | 5 | 1 | 5 | 55 | 5 | 5 | 5 | 125 |
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DO ACOPLAMENTO | DEFORMAÇÃO DO ANEL DE VEDAÇÃO | 3 | 2 | 1 | 2 | 15 | 4 | 3 | 3 | 36 |
| COMPRESSOR DE AR | VERIFICAÇÃO DE CONEXÕES PARAFUSADAS | FUGA DE AR/FLUIDOS | 1 | 2 | 3 | 2 | 7 | 2 | 3 | 1 | 6 |

Análise de risco ao motor eléctrico propulsor

| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|---------------------------------------|----|----|----|----|----|---|---|---|------------|
| MEPP | VERIFICAR A TEMPERATURA DO AR DE ARREFECIMENTO À ENTRADA DO MOTOR | FALHA NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO | 2 | 2 | 1 | 3 | 12 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| MEPP | LIMPEZA DO QUADRO ELÉCTRICO E RESPECTIVOS COMPONENTES | FALHA NOS FUSIVEIS/PERIGO DE INCÊNDIO | 2 | 1 | 2 | 1 | 8 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| MEPP | VERIFICAR A INTEGRIDADE FISICA DO MOTOR ELÉTRICO | VIBRAÇÃO EXCESSIVA | 2 | 2 | 1 | 3 | 12 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| MEPP | VERIFICAR RUÍDO E VIBRAÇÕES ANORMAIS DEVIDO A PROBLEMAS NOS ROLAMENTOS | DANOS NOS ROLAMENTOS/GRIPAGEM | 2 | 4 | 1 | 5 | 20 | 2 | 5 | 2 | 20 |

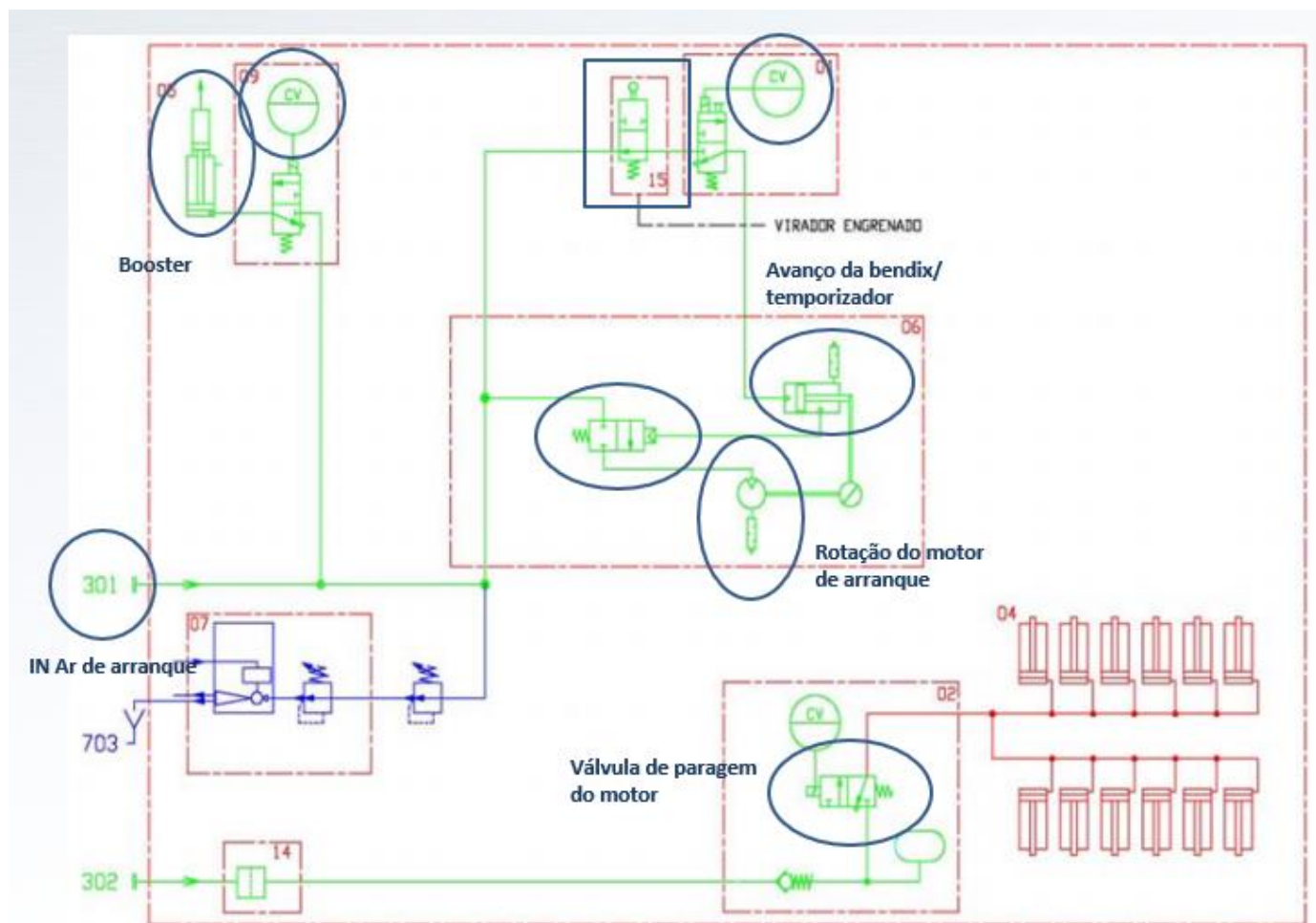
| | | | | | | | | | | | |
|------|--|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|
| MEPP | VERIFICAR PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO | SOBRECARGA | 1 | 2 | 2 | 4 | 8 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| MEPP | VERIFICAÇÃO DO ESTADO DE PARAFASUSOS E PORCAS | DESALINHAMENTO DO MOTOR/DESAPERTO/VIBRAÇÕES | 1 | 3 | 2 | 3 | 8 | 2 | 4 | 1 | 8 |
| MEPP | VERIFICAR O ESTADO DA CABLAGEM E AS LIGAÇÕES À MASSA | DANOS NA CABLAGEM | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| MEPP | VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE OBSTRUÇÕES NAS ENTRADAS DE AR DE ARREFECIMENTO | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | 2 | 3 | 1 | 4 | 16 | 2 | 4 | 2 | 16 |
| MEPP | VERIFICAR FUGAS DE LUBRIFICANTES PELOS APOIOS | DESGASTE NA VEDAÇÃO DOS APOIOS | 1 | 2 | 3 | 2 | 7 | 2 | 4 | 1 | 8 |

Análise de risco ao AC

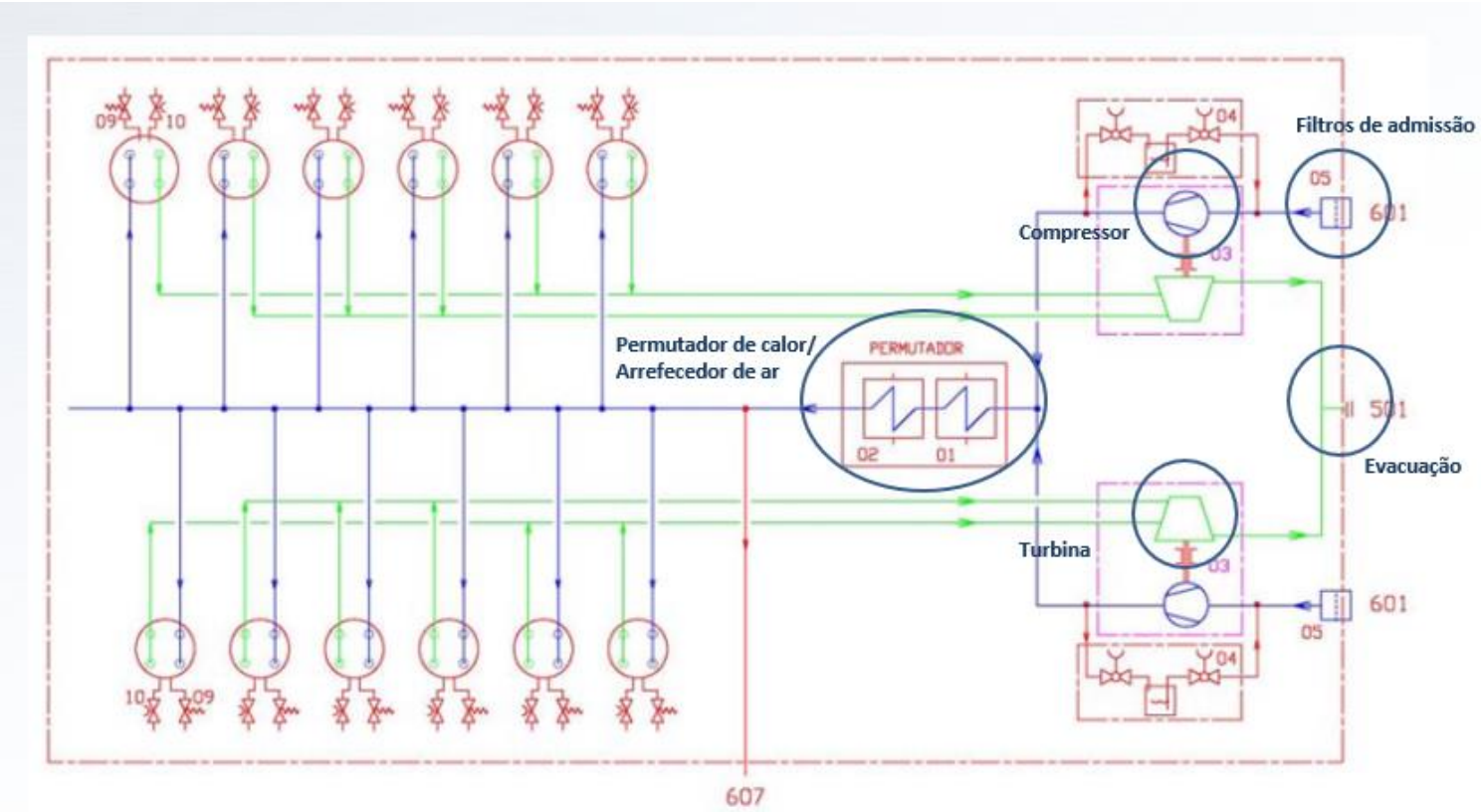
| EQUIPAMENTO | ACTIVIDADE | FALHAS ASSOCIADOS | PM | IO | IA | IS | R | D | S | O | RPN (FMEA) |
|-------------|--|---|-----|----|----|----|-----|---|---|---|------------|
| AC | INSPEÇÃO GERAL | FUGA DE REFRIGERANTE/FLUIDOS | 0,1 | 2 | 1 | 2 | 0,5 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| AC | LIMPEZA INTERNA + MUDANÇA DE FILTROS | FILTROS OBSTRUIDOS | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| AC | VERIFICAÇÃO VISUAL AOS AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES E LIGAÇÕES FLEXÍVEIS | AMORTECEDOR DANIFICADOS/VIBRAÇÕES/FUGAS FLUIDOS | 2 | 4 | 1 | 3 | 16 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| AC | VERIFICAÇÃO DAS SEÇÕES E LUBRIFICAÇÃO DO AMORTECEDOR | AMORTECEDOR DANIFICADOS | 3 | 3 | 1 | 2 | 18 | 3 | 2 | 3 | 18 |
| AC | VERIFICAÇÃO DO ESTADO DOS ROLAMENTOS | ROLAMENTOS DANIFICADOS | 2 | 2 | 1 | 3 | 12 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| AC | SUBSTITUIÇÃO DAS CORREIAS | DESALINHAMENTO | 1 | 4 | 1 | 3 | 8 | 3 | 4 | 1 | 12 |

Anexos

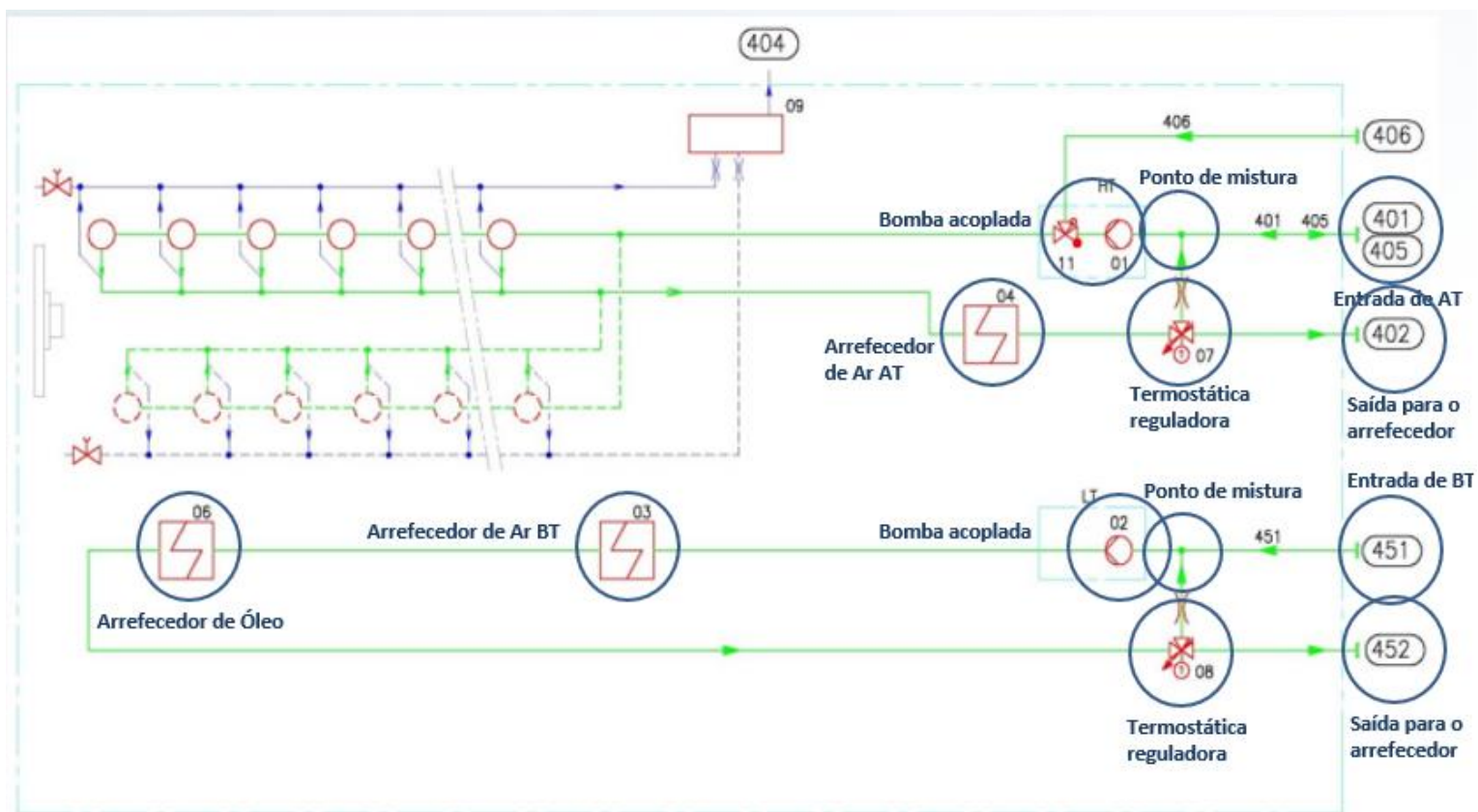
Anexo A -circuito de ar de arranque e paragem do motor diesel do NRP Viana do Castelo

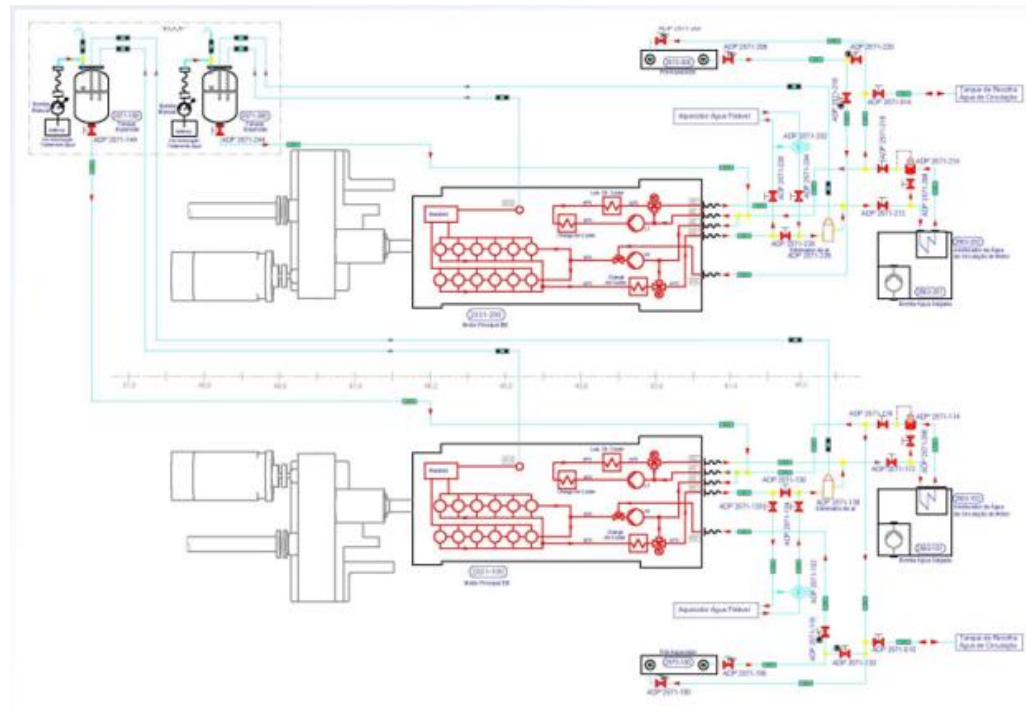


Anexo B-Circuito de ar de admissão e gases de evacuação do motor diesel do NRP Viana do Castelo

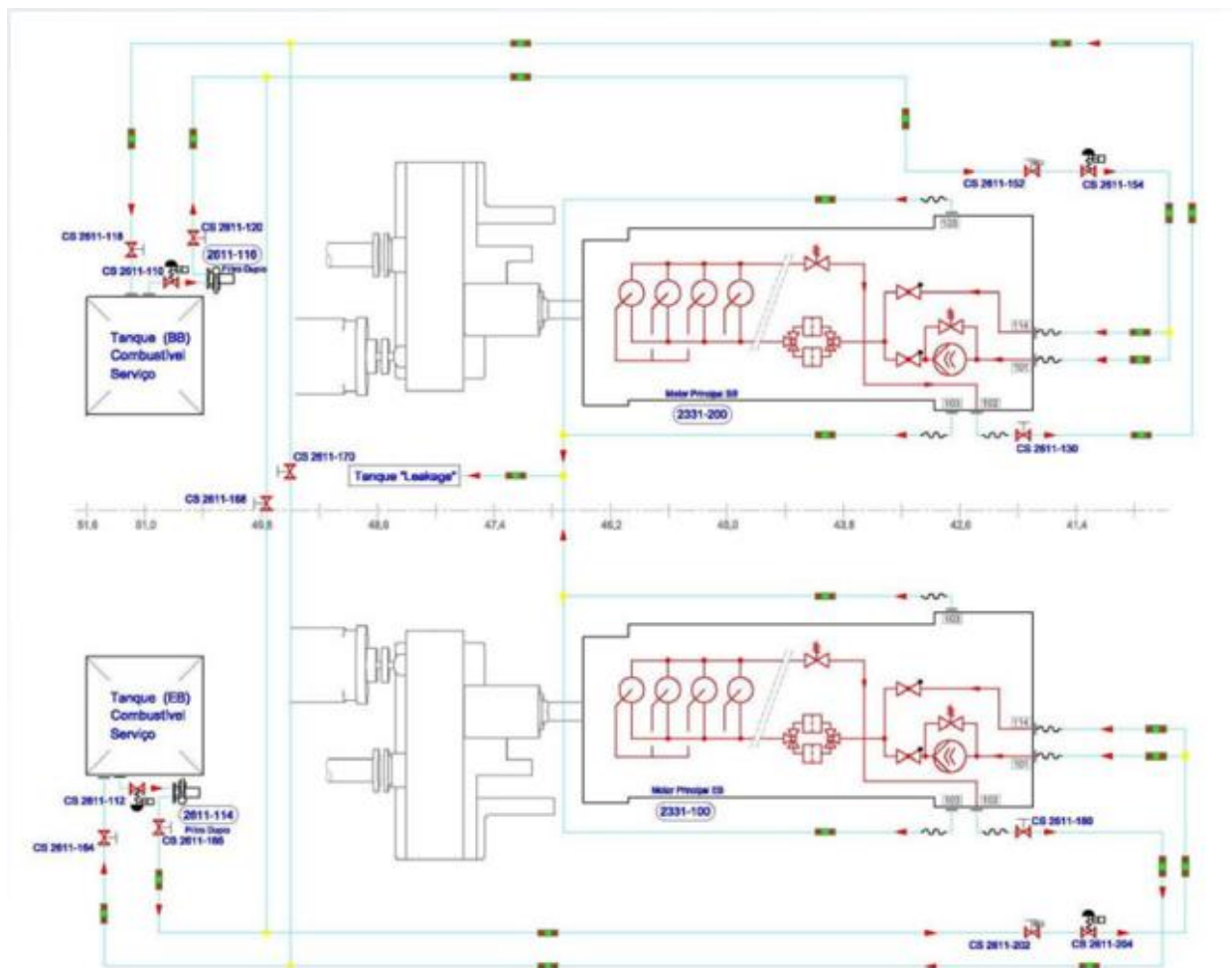


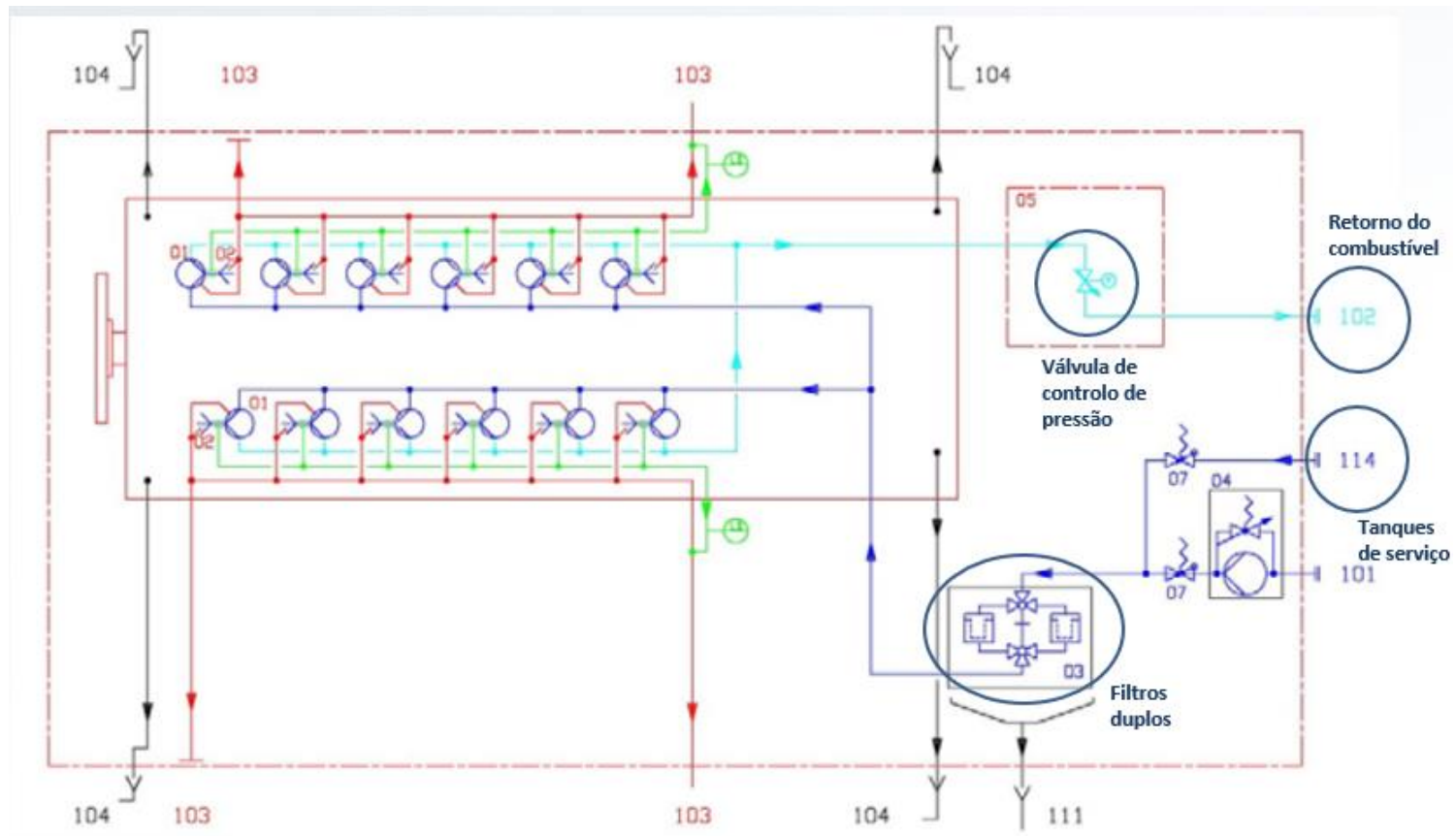
Anexo C-Circuitos de água doce do motor diesel do NRP Viana do Castelo



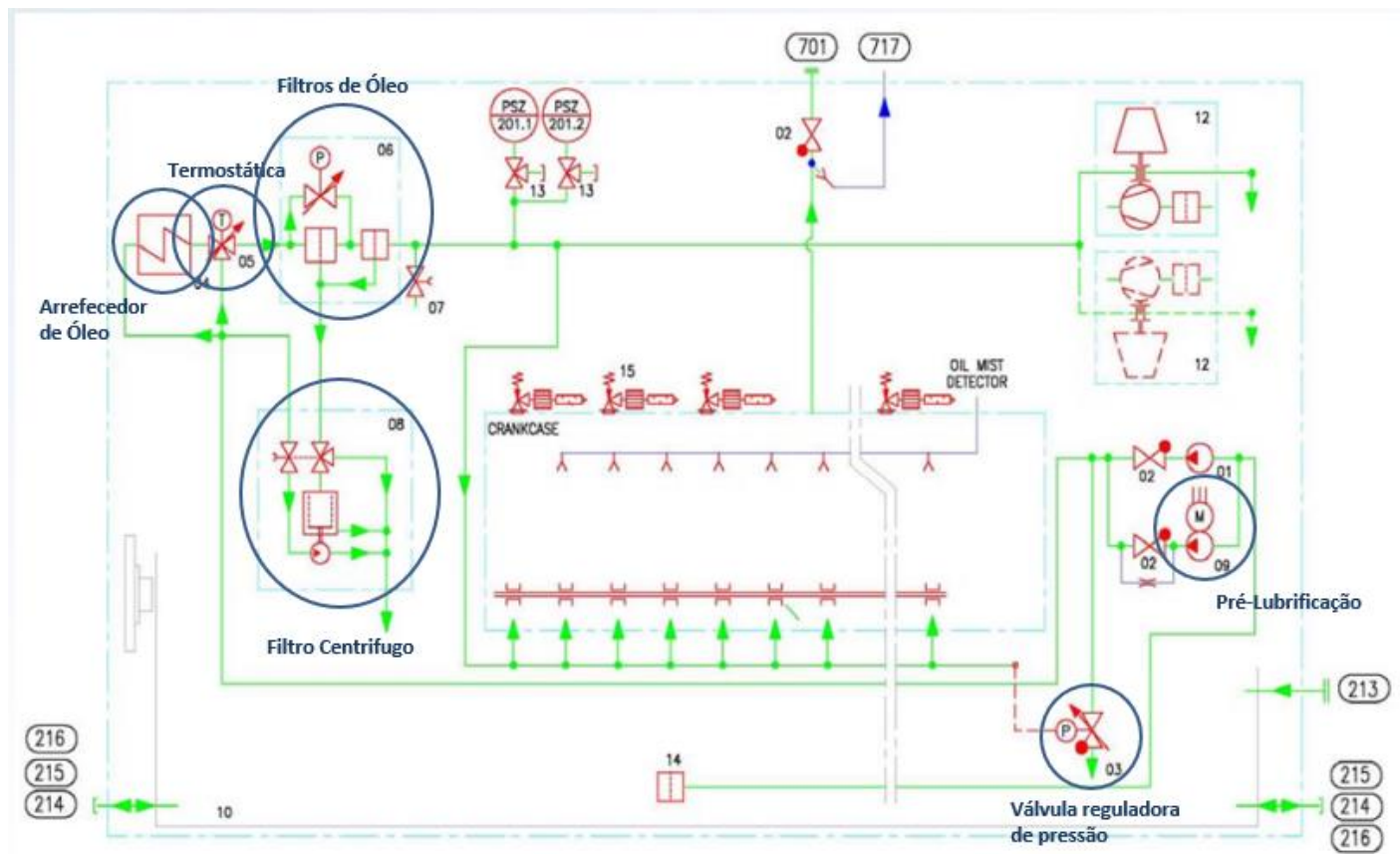


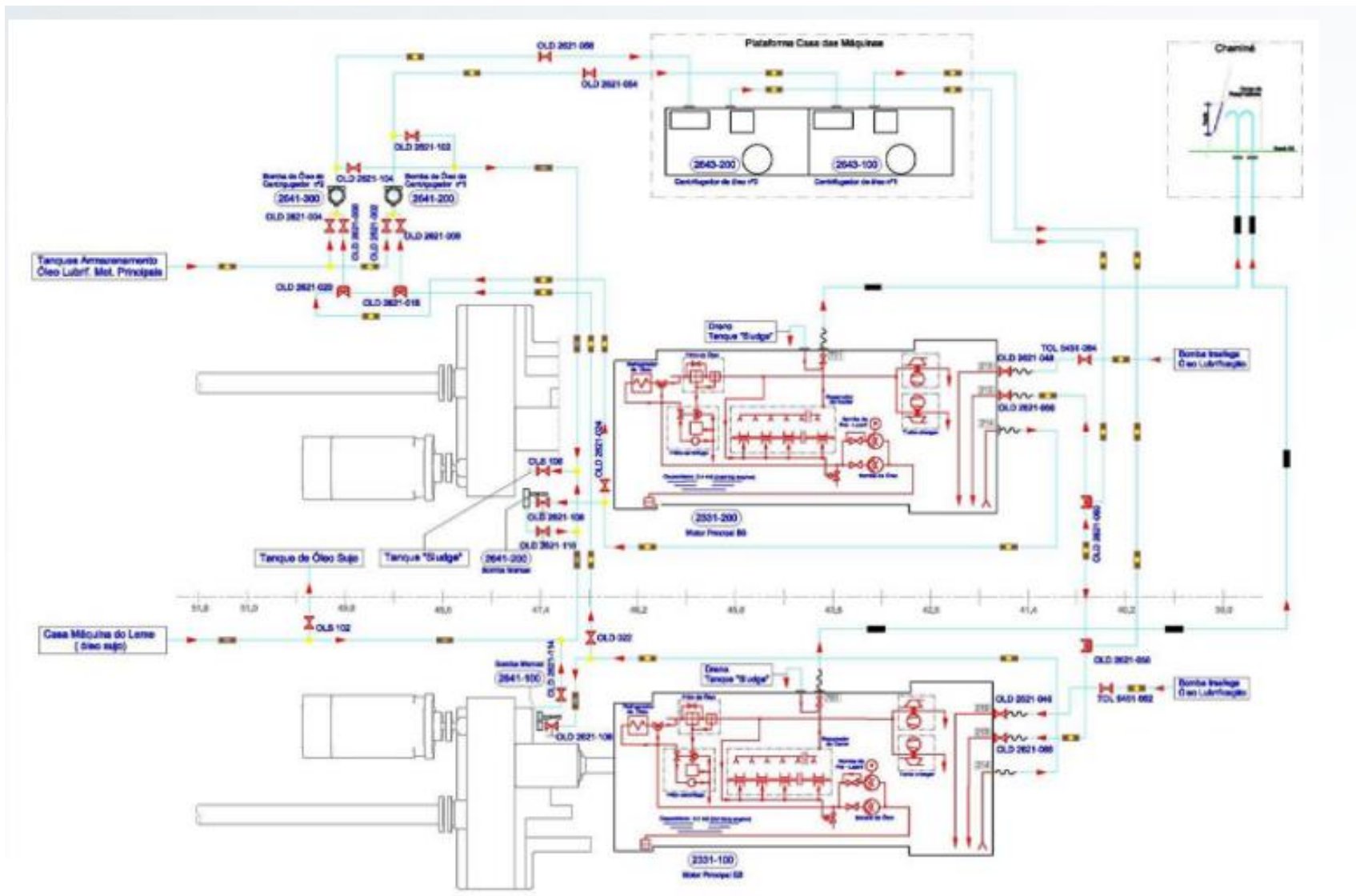
Anexo D-Circuito de combustível do motor diesel do NRP Viana do Castelo



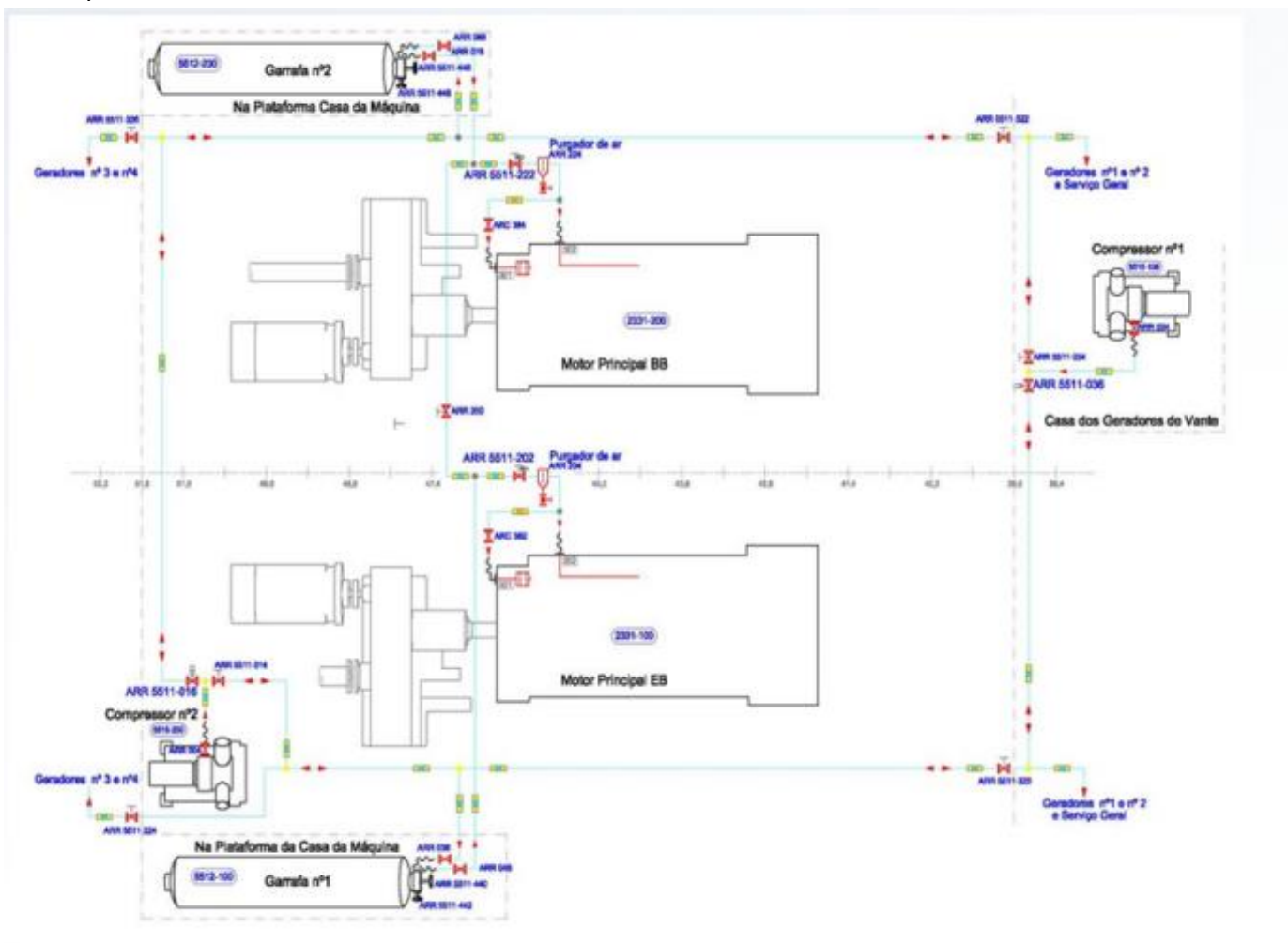


Anexo E-Circuitos de óleo do motor diesel do NRP Viana do Castelo

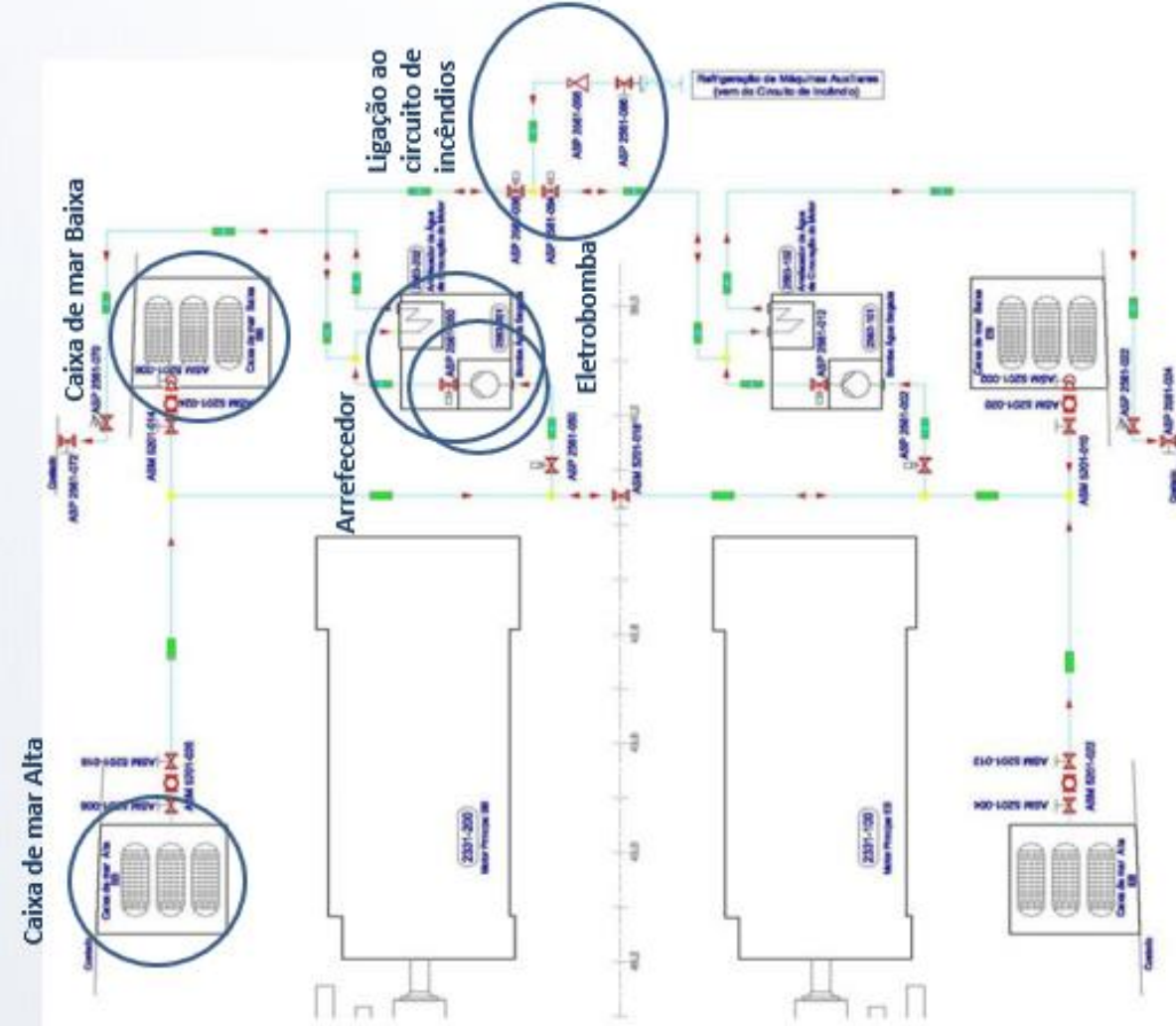




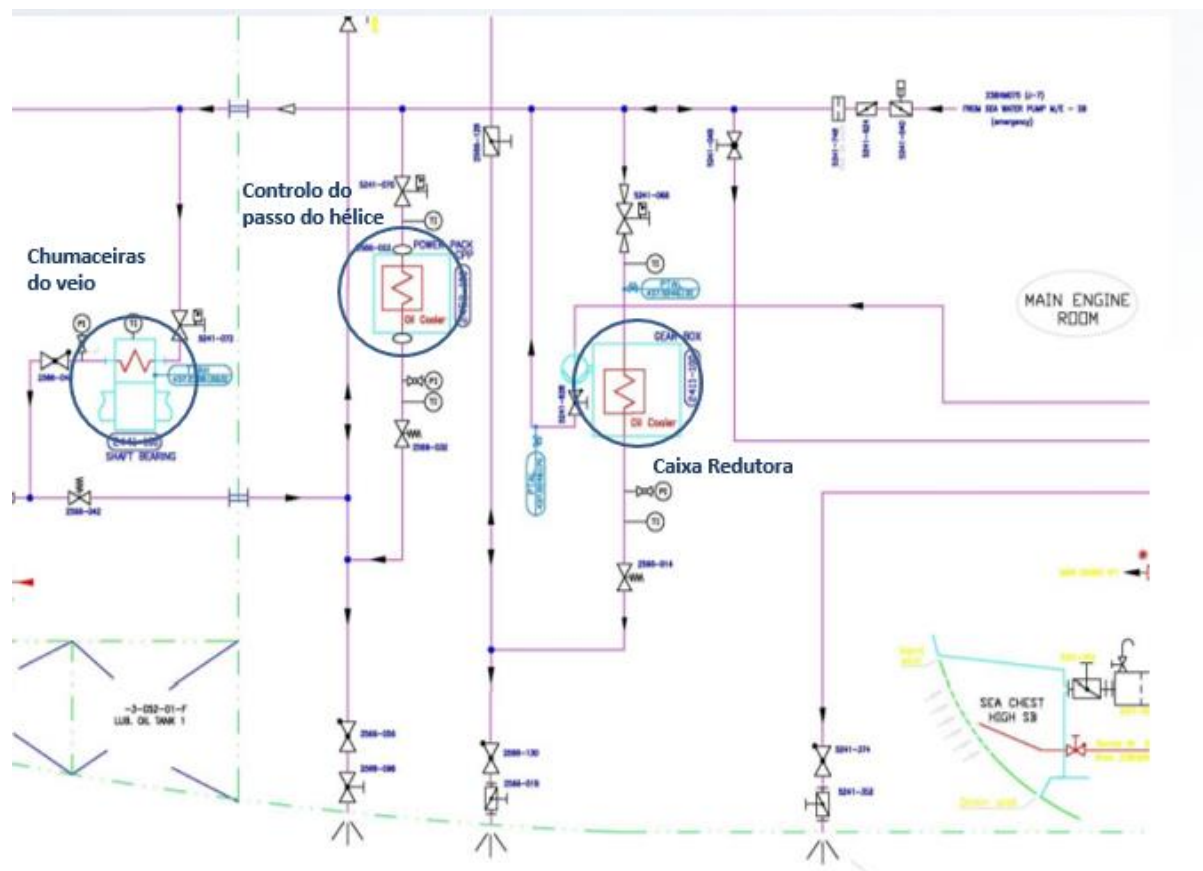
Anexo F-Circuito de ar comprimido do motor diesel do NRP Viana do Castelo



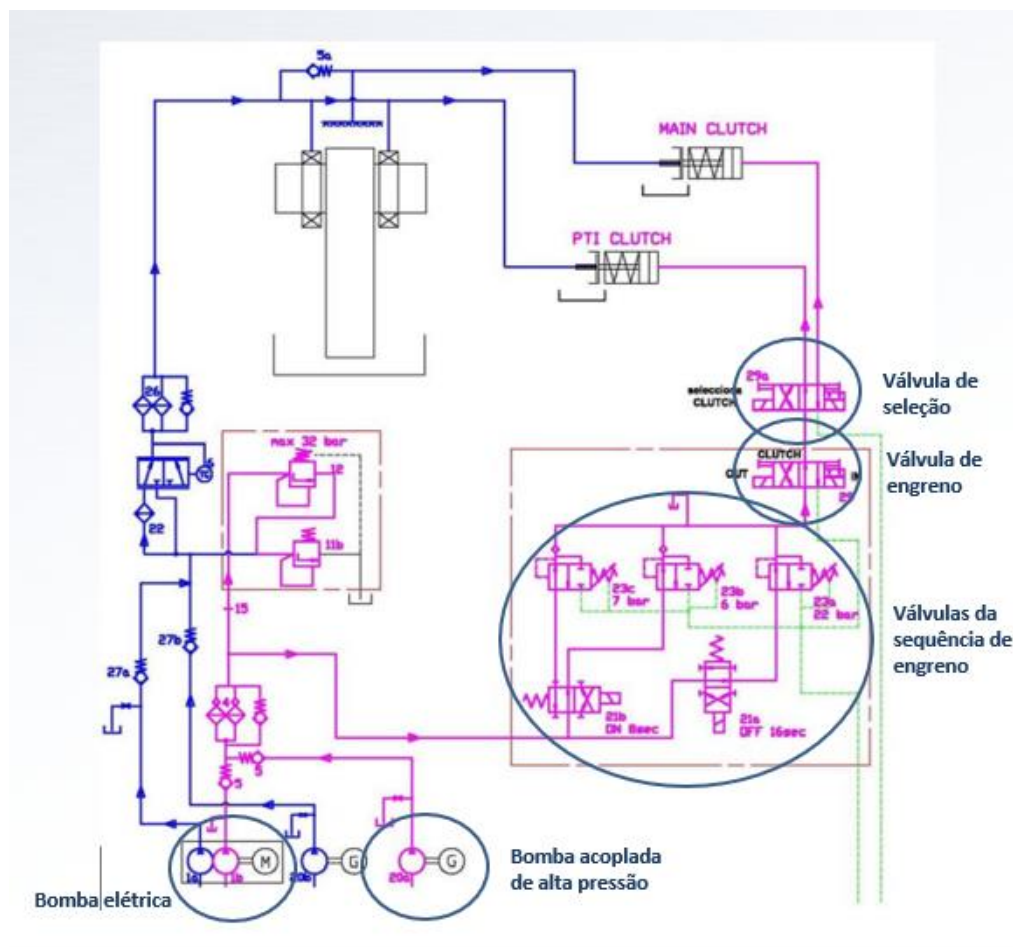
Anexo G-Circuito de água salgada do motor diesel do NRP Viana do Castelo

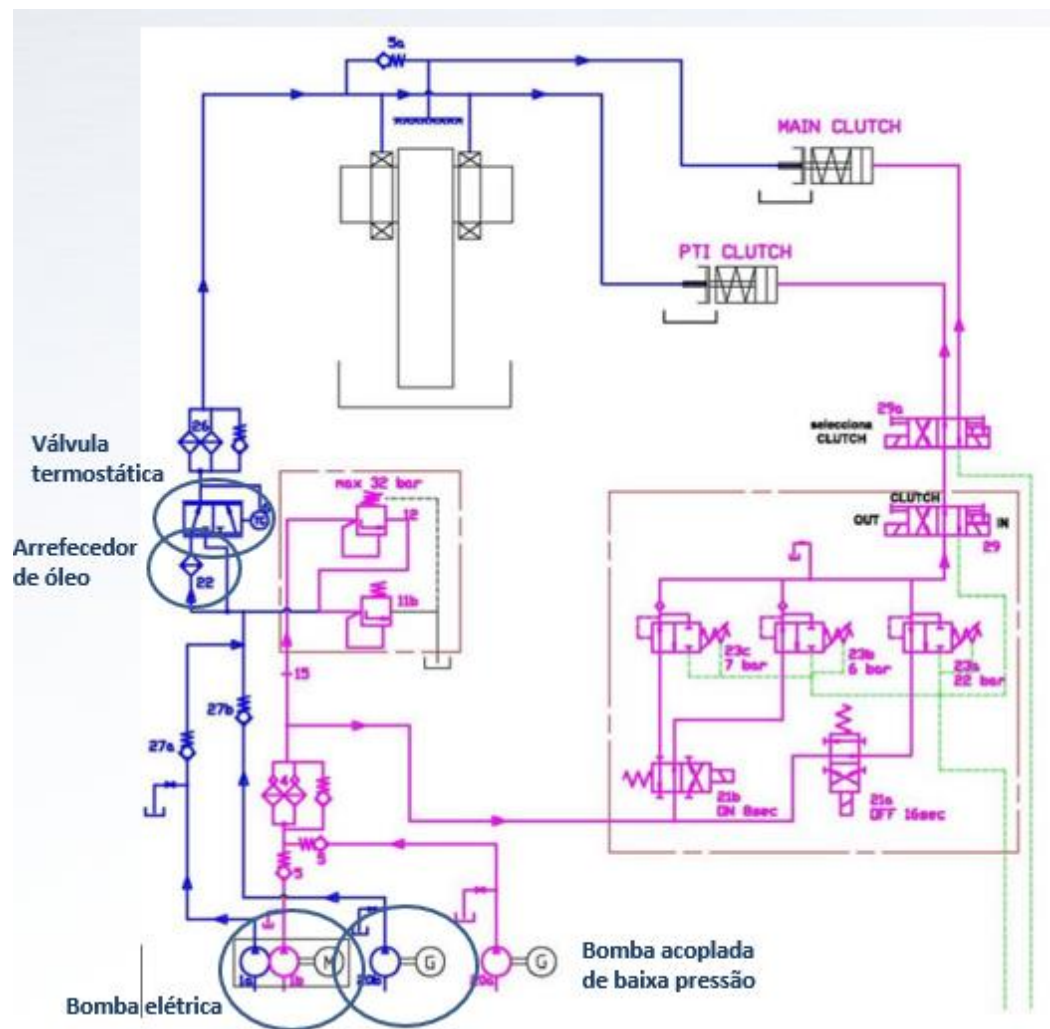


Anexo H-Circuito de água salgada da caixa redutora do NRP Viana do Castelo

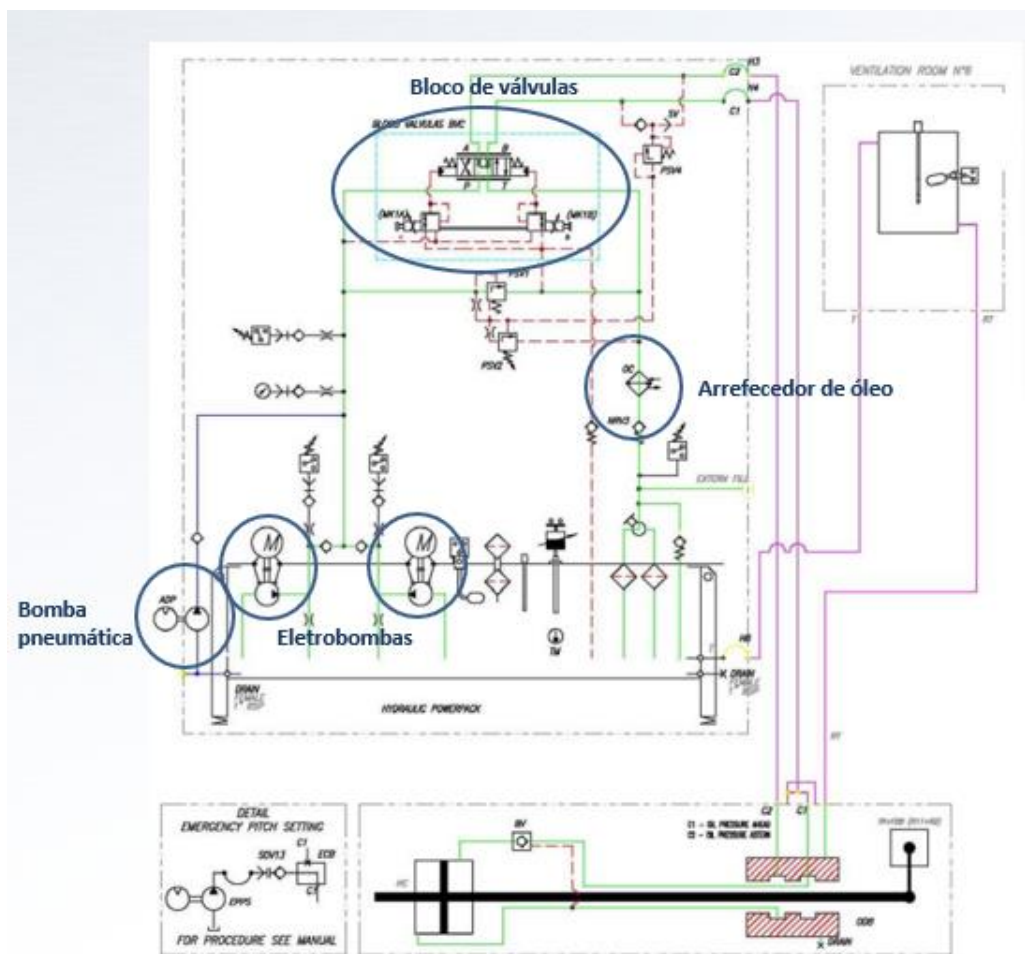


Anexo I-Circuito de óleo de alta pressão e de baixa pressão da caixa redutora do NRP Viana do Castelo





Anexo J-Circuito do CPP do NRP Viana do Castelo



Anexo K-Carta de Manutenção da Caixa Redutora

| | | |
|----------------------------|--|------------------------|
| SGM / SGP | | CARM: 241041-1010 |
| CARTA DE MANUTENÇÃO | | VERSÃO: 0 ESTADO: 0 |
| | | PAG. 1 de 2 |

SISTEMA/EQUIPAMENTO: 1X383 2411210000 - CAIXA REDUTORA
 (Identificação - Marca/Modelo/Tipo)
 SCH81V01-SDC48
 1X383 2411110000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X382 2411210000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X382 2411110000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X381 2411210000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X381 2411110000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X380 2411210000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48
 1X380 2411110000 - CAIXA REDUTORA
 SCH81V01-SDC48

LEMS:
 S1611.127

DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA:
 (Manual Operador Etc.)
 20140106 - CAIXA REDUTORA WARTSILA SCH81V01-SDC48 - LISTA DE SOBRRESSALENTES
 20140105 - CAIXA REDUTORA WARTSILA SCH81V01-SDC48 - MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
 20090070 - CAIXA REDUTORA DE EB WARTSILA SCH81H01-SDC48 - SPARE PART LIST - SUBSTITUÍDO PELOS DOCS 7800MA-
 24120140105 E 7800LS-24120140106, VER CIDIME21014/12-03-2014
 24120140105 - CAIXA REDUTORA DE BB WARTSILA SCH81H01-SDC48 SPARE PART LIST - SUBSTITUÍDO PELOS DOCS 7800MA-
 24120140105 E 7800LS-24120140106, VER CIDIME21014/12-03-2014
 20090069 - PASSOU A REV. A
 20090069 - PASSOU A REV. A
 20090070 - PASSOU A REV. A CAIXA REDUTORA DE EB WARTSILA SCH81H01-SDC48 - SPARE PART LIST

| FIT | TRABALHO | TIPO DE MANUT. | PERIODICIDADE a) | EXECUTANTE b) | H x h | MANUTENÇÃO RELACIONADA |
|-----------|---|----------------|------------------|---------------|--------------|------------------------|
| T1005 213 | INSPEÇÃO DIARIA | 11 | D1 | CCM MEM | 0.50 0.50 | |
| T1005 215 | MANUTENÇÃO DAS 1000 HORAS. Nota: EFECTUAR DE 1000 EM 1000 HORAS. | 11 | R1 | CE CCM | 1.50 1.50 | |
| T1005 217 | MANUTENÇÃO DAS 2000 HORAS Nota: EFECTUAR DE 2000 EM 2000 HORAS. | 11 | R2 | MEM | 1.00 | |

| | | | |
|-------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| CARM: 241041-1010 | ELABORAÇÃO: DRT3 | HOMOLOGAÇÃO: D NAVIOS | DATA: 20-03-2018 |
|-------------------|------------------|-----------------------|------------------|

Legenda: a) Periodicidade: D - Diário; H - Semanal; M - Mensal; T - Trimestral; S - Semestral; A - Anual; C - Ciclo; R - Código de estado; N - Código não programável; PM - Manutenção periódica (aplicável a equipamentos mobilizados); SU - Manutenção de preservação (aplicável a equipamentos mobilizados); OT - Trabalho Operacional (aplicável a equipamentos mobilizados); LU - Manutenção de preservação (aplicável a equipamentos mobilizados); E - Encadernado; EST - Estaleiro; LAB - Laboratório; DM - Direcção de Navios; CAD - Comando Administrativo; CP - Oficial; S - Sargento
 b) Encadernado: EST - Estaleiro; LAB - Laboratório; DM - Direcção de Navios; CAD - Comando Administrativo; CP - Oficial; S - Sargento
 C - Cabo; M - Marinheiro; G - Guarnição

241/041-1010

Anexo L-Ficha de Trabalho da caixa redutora

| FTT: T1005.213 | | FTT: T1005.213 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--|--------------|------------------|----|-------------------|----|-------------------------|---|----------------|-------|-----|------|-----|------|--------|------|-----------------|------|
| | | VERSÃO: 0 | ESIAAD: 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FTT: T1005.213 | | FTT: T1005.213 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | VERSÃO: 0 | ESIAAD: 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FICHA DE TRABALHO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EQUIPAMENTO/ CONJUNTO: | | 05639 CAIXA REDUTORA *SCH81V61-SDC48* | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <small>(Identificação - Marca/Modelo/Tipo)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TÍTULO: | | INSPEÇÃO DIÁRIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEMENTO(S) ADICIONAIS: | | <table border="1"> <tr> <td>TIPO MANUTENÇÃO:</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>PERIODOCIDADE M:*</td> <td>01</td> </tr> <tr> <td>MANUTENÇÃO RELACIONADA:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EXECUTANTE BR:</td> <td>M = H</td> </tr> <tr> <td>MEM</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>CCM</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>TOTAL:</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>TEMPO EXECUÇÃO:</td> <td>0.50</td> </tr> </table> | | TIPO MANUTENÇÃO: | 13 | PERIODOCIDADE M:* | 01 | MANUTENÇÃO RELACIONADA: | 0 | EXECUTANTE BR: | M = H | MEM | 0.50 | CCM | 0.50 | TOTAL: | 1.00 | TEMPO EXECUÇÃO: | 0.50 |
| TIPO MANUTENÇÃO: | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERIODOCIDADE M:* | 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANUTENÇÃO RELACIONADA: | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXECUTANTE BR: | M = H | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MEM | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CCM | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL: | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMPO EXECUÇÃO: | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FREM: NIL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LIMB: M1811.007 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <small>(Manual Operacional, etc.)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20080089 - PASSOU A REV. A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20080070 - PASSOU A REV. A CAIXA REDUTORA DE EB WARTSILA SCV81H61- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SDC48 - SPARE PART LIST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RISCO(S) E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Riscos: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Superfícies quentes, risco de queimadura. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precauções de segurança: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Cumprir com os procedimentos TAG OUI* em vigor. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Usar óculos, luvas e proteção auricular. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EQUIPAMENTO(S) DE TESTE, FERRAMENTA(S), SOBRESSELENTE(S) E MATERIAL DE CONSUMO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Máquina de ferramenta. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Óleo lubrificante. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDIMENTO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TUBAGEM E CONEÇÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Inspeccionar o estado e as ligações dos encastamentos e possíveis fugas na caixa redutora. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Respará-los se necessário; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Substituí-los se necessário. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANÔMETRO(S) E INDICADORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificar os seguintes parâmetros de funcionamento: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Pressão diferencial dos filtros de óleo; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Temperatura do óleo de lubrificação; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Carga no rolamento de impulso longitudinal; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Pressão do óleo de lubrificação; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Pressão de óleo de alta pressão (embragens); | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Nível do óleo de lubrificação; | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FTT: | ELABORAÇÃO: | HOMOLOGAÇÃO: | DATA: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1005.213 | DRT3 | D. NAVIOS | 14-11-2016 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Legenda: M) Periodicidade; D - Data; H - Horário; M - Material; T - Ferramenta; S - Sinalização; A - Análise; C - Código; R - Código de situação; N - Código não programável; PM - Manutenção periódica (relativa a equipamentos rotacionáveis); SU - Manutenção de manutenção (relativa a equipamentos rotacionáveis); OT - Tarefa Operacional (relativa a equipamentos rotacionáveis); LU - Manutenção de manutenção (relativa a equipamentos rotacionáveis); B) Docucenter: EST - Estação; LAB - Laboratório; CN - Códigos; N - Novo; CAD - Documento Administrativo; O - Oficial; S - Seguro; C - Códigos; M - Material; D - Outros.

| | | | |
|--------------------------|--|----------------|-----------|
| BGM / SEMP | | FIT: T1005.213 | |
| FICHA DE TRABALHO | | VERSÃO: 0 | ESTADO: 0 |
| | | 1º AC. 2 | 09 2 |

- Temperatura das chumaceiras:

- * - ~~Torque~~ B1*
- * - Gear B2*
- * - Gear B4*
- * - Gear B5*

RUIDOS

Verificar a existência de ruídos anormais nas embraiagens, rolamentos e bombas.

| | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| FIT: T1005.213 | ELABORAÇÃO: DRT3 | HOMOLOGAÇÃO: D. NAVIGS | DATA: 14-1-2018 |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|

Legenda: a) Provedoridade: D - Diretor; H - Secretari; M - Marcal; F - Fornecedor; S - Secretaria; A - Asses; C - Código de situação; N - Código não programado; M - Manutenção periódica (relatório a equipamentos instalados); SU - Manutenção de manutenção (relatório a equipamentos instalados); OT - Teste Operacional (relatório a equipamentos instalados); LU - Manutenção de manutenção (relatório a equipamentos instalados); b) Escadência: EST - Estaleiro; LAB - Laboratório; DN - ~~Documento~~ Documento; CAD - Comando Administrativo; CP - Oficial; S - Sargento; C - Oficial; M - Marinheiro; G - Guarda.