

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

INGRID RAMOS SANTANA
JOANE AMORIM REBOUÇAS DE SANTANA
JOSÉ GABRIEL RAMOS AMARAL
NAYRA BRUM FERREIRA
ROBSON SILVA NASCIMENTO JUNIOR
TAMIRES VIEGAS PASSOS

**APLICAÇÃO DO FMEA NOS EQUIPAMENTOS DE CRITICIDADE A
NA EMBARCAÇÃO DORIVAL CAYMMI**

**SALVADOR
2021**

INGRID RAMOS SANTANA
JOANE AMORIM REBOUÇAS DE SANTANA
JOSÉ GABRIEL RAMOS AMARAL
NAYRA BRUM FERREIRA
ROBSON SILVA NASCIMENTO JUNIOR
TAMIRES VIEGAS PASSOS

**APLICAÇÃO DO FMEA NOS EQUIPAMENTOS DE CRITICIDADE A
NA EMBARCAÇÃO DORIVAL CAYMMI**

Relatório Técnico apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC.

Orientador: Prof. Rodolfo Bello Exler

SALVADOR
2021

APLICAÇÃO DO FMEA NOS EQUIPAMENTOS DE CRITICIDADE A NA EMBARCAÇÃO DORIVAL CAYMMI

Resumo: O setor de Manutenção é responsável por manter a operação de uma empresa em atividade, por isso, o planejamento das manutenções realizadas é de extrema importância para garantir a disponibilidade dos equipamentos e um fluxo operacional constante. Para tanto, existem metodologias que auxiliam no planejamento dos serviços de manutenção, tal como o FMEA. Nesse sentido, com o objetivo de elaborar um plano de ações preditivas e preventivas esse estudo foi proposto. Para que fosse possível à empresa definir um plano de manutenção e uma programação dos serviços mais eficaz, visando aumentar o tempo disponível dos ativos e otimizar custos e recursos voltados a estes, foi realizada a estruturação da curva ABC que indicou 23 equipamentos mais críticos da embarcação, sendo os mesmos avaliados quanto aos modos e efeitos de falha de seus componentes para que, posteriormente, fossem definidas as ações necessárias para reduzi-los ou eliminá-los. O FMEA consolidado apresentou um claro descritivo dos serviços e da frequência que deverão ser realizados pela empresa para alcançar seus objetivos organizacionais.

Palavras-chave: Gestão da manutenção; Criticidade A; Embarcação; Equipamentos críticos; FMEA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. ESTRUTURA DO TRABALHO	11
3. ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS DA EMBARCAÇÃO	12
3.1 Metodologia adotada neste estudo	13
3.2 Discussão e resultados	14
3.3 Considerações sobre a análise de criticidade dos equipamentos	19
4. MAPEAMENTO DAS FALHAS DE OPERAÇÃO APRESENTADAS NOS EQUIPAMENTOS DE CLASSE A DA EMBARCAÇÃO	21
4.1 Metodologia adotada neste estudo	21
4.2 Discussão e Resultados	25
4.2.1 Ocorrência de falhas	26
4.2.2 Severidade	31
4.2.3 Detecção	36
4.2 Considerações sobre o mapeamento de falha dos equipamentos de criticidade A.....	42
5. PROPOSTA DE PLANO DE AÇÕES PREVENTIVAS E PREDITIVAS PARA OS EQUIPAMENTOS CRÍTICOS DA EMBARCAÇÃO	44
5.1 Metodologia adotada neste estudo	44
5.2 Discussão e Resultados	45
5.2.1 Sistema de Comunicação e Navegação.....	50
5.2.2 Sistema de Geração, Propulsão e Governo	50
5.2.3 Sistema Auxiliares.....	51
5.2.4 Sistema Elétricos – 440/220 VCA	51
5.2.5 Sistema Elétricos – 24 VDC	52
5.2.6 Sistema de Carga e Descarga	53
5.2.7 Caco e Rede	53
5.2 Considerações sobre a proposta de plano de ações preventivas e preditivas para os equipamentos críticos.....	54
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	55
Apêndice A – FMEA dos Equipamentos Críticos do Dorival Caymmi	58

1. INTRODUÇÃO

O termo manutenção é comumente aplicado para se referir a forma escolhida pelas organizações para evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas e equipamentos. Portanto, trata-se de uma importante atividade para as atividades de produção, especialmente, nos casos em que o pleno funcionamento das instalações físicas têm papel fundamental para produção de seus bens e serviços. Historicamente, a conservação de instrumentos e equipamentos consiste em uma prática observada desde os primórdios da civilização, no entanto, com a invenção das primeiras máquinas têxteis a vapor, por volta do século XVI, a função manutenção passou a, efetivamente, existir nas organizações. Nesse período, o profissional responsável pelo projeto das máquinas, também realizava o treinamento das equipes internas para operarem e consertarem equipamentos, fazendo assim com que a vida útil deles se torne cada vez maior (SLACK, 2000; WYREBSKI, 1997).

As inovações tecnológicas e a indústria 4.0 atuam como responsáveis pelo aumento da complexidade e da diversidade de ativos físicos da organização, fato que evidencia a necessidade de um plano de manutenção assertivo. Assim, considerando que o conhecimento sobre cada setor, cada equipamento e seus recursos humanos são vitais para as decisões sobre onde, quando e por que aplicar cada tipo de manutenção, verifica-se a necessidade da informação integrada para a boa gestão estratégica da manutenção. Entre os diversos tipos de manutenção existentes, podem ser destacados como tipos mais comuns a manutenção corretiva, manutenção preventiva e a manutenção preditiva (COSTA, 2007).

A manutenção corretiva é aquela realizada após a falha do equipamento. Porém, apesar de surgir ao acaso, esse tipo de manutenção pode ser dividida em planejada e não planejada. A planejada consiste na manutenção em que o ativo opera até o momento de falha, por determinação da gerência da empresa, seja por questões de custos ou para acompanhamento de indicadores preditivos. Quanto a não planejada, trata-se daquela que a gerência não espera que falhe, quase sempre ocorrendo por má operação ou fatores externos (OTANI E MACHADO, 2008; COSTA, 2007).

A manutenção preventiva, tipo mais conhecido e utilizado, tem como objetivo evitar quebras e falhas realizando intervenções de forma periódica, fazendo com que as máquinas mantenham seu funcionamento por mais tempo e de forma confiável. São procedimentos programados, seguindo um intervalo previamente determinado e que normalmente é menor do que o ideal (OTANI & MACHADO 2008).

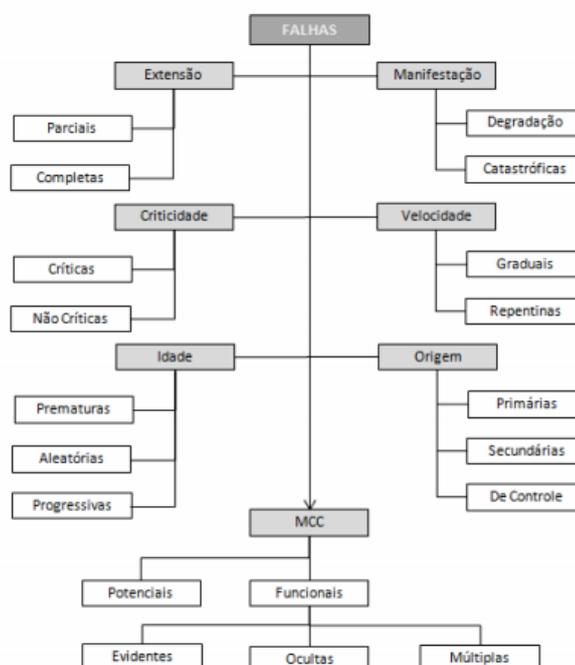
A manutenção preditiva segue o mesmo padrão da manutenção preventiva, com paradas programadas e realizadas antes que os equipamentos falhem e fiquem indisponíveis. No entanto, a grande diferença é que essa programação de intervenções ocorre de forma mais apurada através da avaliação de indicadores para a definição do momento correto da intervenção. Pode-se caracterizar a preditiva também como um programa de manutenção preventiva acionado por condições mecânicas, rendimento do sistema e outros indicadores que determinam o tempo médio para a falha ocorrer (ALMEIDA, 2000).

A Manutenção é responsável pela garantia da disponibilidade dos equipamentos e instalações, a fim de garantir aos processos das empresas, confiabilidade, segurança e utilização dos recursos necessários para otimizar os custos e preservar o ambiente. Uma boa gestão da Manutenção assegura às organizações as continuidades dos seus processos, padronização de produtos/serviços seguindo os parâmetros de qualidade da empresa, e, principalmente, garante a entrega no tempo esperado pelo cliente. Para o alcance dos resultados citados, faz-se necessário planejar e programar todas as ações que serão realizadas pelo setor. Por isso, são utilizadas ferramentas e métodos que auxiliam na definição de prioridades, ações, recursos necessários, entre outros parâmetros que devem ser analisados para obter êxito na gestão (SOBRINHO, 2012).

A análise de criticidade dos equipamentos e aplicação do FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) são metodologias que, quando inseridas na organização, permitem uma melhor avaliação dos equipamentos, das falhas que podem apresentar e o tipo de manutenção adequada, assim como os recursos necessários para se fazer. As aplicações das ferramentas na empresa contribuem para a confiabilidade dos produtos/serviços, processos de fabricação, e auxiliam na priorização das tomadas de decisão (BASTOS, 2006).

De acordo com a NBR 5462,1994, a falha é equivalente ao “término da capacidade de um item desempenhar a função requerida”, podendo ser classificada de acordo com alguns critérios mostrados na Figura 1. A origem dela pode ser por conta do manuseio, manutenção inadequada, meio ambiente, entre outros fatores. A análise das falhas é fundamental para a elaboração do plano de manutenção que permitirá à organização definir o planejamento a curto, médio e longo prazo. Com isso, é possível evitar paradas não planejadas, reduzir ou eliminar a incidência de falhas e tornar o processo de manutenção padronizado (BARBOSA et al; 2009).

Figura 01: Classificação das falhas



FONTE: Siqueira (2005)

A classificação das falhas é fundamental para entender suas características. De acordo com a Figura 1, podem ser definidas de acordo com os critérios como extensão, manifestação, criticidade, velocidade, idade, origem e confiabilidade. Com base nisso, é possível priorizar as falhas de acordo com o critério de criticidade, e assim, iniciar a aplicação da metodologia FMEA. Esse método surgiu em 1949, em um projeto do exército americano para avaliar a integridade de um equipamento ou sistema, identificando as consequências de suas falhas, classificadas pela sua contribuição no êxito e segurança da missão. A partir desse

momento, foi compreendido que com sua aplicação é possível estabelecer as ações devidas para mitigar ou extinguir os riscos previstos, levando em consideração sua perspectiva de ocorrência, detecção e severidade (MENDES et al., 2017; PUENTE et al. 2002).

Para aplicação deste método, o primeiro passo é a correta identificação e classificação de todos os sistemas e componentes, sendo destacadas as funções primordiais correspondentes. Devem ser determinados o grau de profundidade da análise requerida e os parâmetros a serem adotados para seleção. Em seguida, devem ser elencados os requisitos de funcionalidade de cada elemento, tendo em vista o atendimento das necessidades do cliente e as normas aplicáveis para que, a partir daí, sejam descritos os modos de falha, que são a maneira como poderão se apresentar os desvios dessas funcionalidades. Então para cada modo identificado, deve-se relacionar o efeito negativo correspondente, assim como as causas mais plausíveis para o seu surgimento. Com isso, é importante determinar a maneira como pode ser percebido pelo utilizador ou mantenedor os indicativos de cada um dos modos de falha relacionados. Por conseguinte, baseando-se nos dados obtidos, cada item deve ser avaliado em uma escala que normalmente vai de 1 a 10, determinando assim os índices de gravidade, ocorrência e probabilidade de detecção. Os resultados gerados serão utilizados para cálculo do Número de Risco de Prioridade (RPN), que ao aliar os principais fatores descritos, consegue demonstrar de forma quantitativa o grau de criticidade de cada equipamento (SILVA ET AL, 2006).

Como resultado do método, destaca-se seu impacto na tomada de decisões mais assertivas pela gestão ao possibilitar uma visão clara da amplitude de cada risco percebido. Por consequência, pode-se elaborar um plano de resposta adequado priorizando as ações que gerem maior impacto positivo, promovendo também uma redução de custos, uma vez que os recursos são melhores aplicados para atender às necessidades da organização (SILVA ET AL, 2006).

Sendo assim, percebe-se sua aplicabilidade aos diversos setores, principalmente aos que possuam demanda direta do funcionamento de seu maquinário físico para a entrega proposta aos clientes de uma organização, seja através de produtos ou de serviços. É neste contexto que será apresentado a seguir, a respeito da relevância do método FMEA para o transporte hidroviário.

De acordo com a Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Energia, Transportes e Comunicações da Bahia (2020):

“[...] transporte hidroviário de passageiros e veículos é um serviço público de competências do Estado, conforme estabelece a Lei nº. 12.044/2011 (Dispõe sobre o Sistema de Transporte Hidroviário Intermunicipal de Passageiros e Veículos do Estado da Bahia) e o Decreto nº. 13.168/2011. Contudo, é outorgado à iniciativa privada por meio de uma concessão ou permissão, precedida de licitação. A mesma Lei estabelece que os serviços deverão ser planejados, coordenados, controlados, concedidos, permitidos, regulados e fiscalizados pela Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Energia, Transportes e Comunicações da Bahia - AGERBA, autarquia sob regime especial, vinculada à Secretaria de Infraestrutura “

O maior tipo de investimento para transportes deste setor está nos equipamentos e nas instalações dos terminais, uma vez que portos e hidrovias são propriedade públicas geridas por empresas privadas. Outro ponto importante, são as vantagens deste transporte, pois além de apresentar um baixo custo operacional, os custos fixos podem ser absorvidos pela quantidade de carga transportada (neste caso, a quantidade de passageiros e veículos) dentro das embarcações (BALLOU, 2006; CHOPRA E MEINDL, 2011; SARAIVA E MAEHLER, 2013)

O processo responsável pela manutenção das máquinas, equipamentos e estruturas de uma embarcação é chamado de docagem. Estes navios devem ser submetidos a revisões e manutenções periódicas. O objetivo da docagem é identificar possíveis falhas futuras ou já existentes para poder saná-las na embarcação, permitindo sua operação adequada em alto mar, maior confiabilidade dos sistemas da embarcação e aumentando a sua disponibilidade para operação (BOUÇAS, 2020).

A fim de amparar todo esse planejamento da manutenção, Mendes *et al.* (2017) descreve que o FMEA de processo ou de serviço é uma metodologia analítica para encontrar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa. Isso porque, à medida que se elimina as causas das falhas através da utilização desta metodologia, se adquire confiabilidade no processo. Logo,

utilizando esta ferramenta com eficiência, é possível promover a melhoria contínua dos equipamentos, máquinas e estruturas das embarcações permitindo consequentemente, agrupar registros históricos para futuros processos de análises.

Nesse cenário de atuação está a empresa Internacional Travessias Salvador, uma subsidiária da organização Internacional Marítima que há mais de 30 anos oferece serviços de apoio portuário, apoio marítimo, travessias, construção naval, reparos navais, fornecimento de mão de obra de marítimos, amarração de navios, sinalização náutica e batimetria. Com início de operação em 2014 e contrato de concessão de 25 anos adquirido em processo licitatório realizado pela Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Energia, Transportes e Comunicações da Bahia (AGERBA) e que tem prazo de 25 anos, a Internacional Travessias Salvador opera o serviço de transporte hidroviário de navegação interior de passageiros e veículos na travessia Salvador / Itaparica / Salvador.

A empresa conta com 7 embarcações que operam de domingo a domingo. No entanto, devido ao elevado quantitativo de abertura de ordens de serviços para manutenção corretiva, correspondendo a cerca de 85% dos serviços de manutenção realizados, uma determinada embarcação tem preocupado a gestão da organização: o Ferry Boat Dorival Caymmi. Para a companhia, essa problemática implica na elevação dos custos de reparo dos equipamentos, no aumento das reclamações dos clientes, na perda de confiança dos usuários e na redução do faturamento. Desse modo, a organização compreende que para auxiliar o desenvolvimento da área e promover uma base de manutenção planejada, a aplicação do FMEA - para a identificação dos equipamentos de classe A, redução do número de correções inesperadas e entendimento das raízes dos principais problemas - será vital para definição de um assertivo plano de manutenção preventiva para acompanhamento e gerenciamento das ações na companhia.

Diante do exposto e buscando contribuir com os processos de gestão da empresa Internacional Travessias Salvador, esse estudo tem o objetivo de elaborar o FMEA nos equipamentos de criticidade A que compõem a embarcação Dorival Caymmi.

2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atendimento ao objetivo traçado, esse relatório técnico contemplará três entregáveis, aqui apresentados como seções. São eles: Análise da criticidade dos equipamentos da embarcação; Mapeamento das falhas de operação apresentadas nos equipamentos de classe A da embarcação; Proposta de plano de ações preventivas e preditivas para os equipamentos críticos da embarcação. Abaixo, no quadro 01, estão declarados os objetivos específicos delineados para cada etapa proposta.

Quadro 01: Etapas e objetivos específicos

Entregável	Objetivo
Análise da criticidade dos equipamentos da embarcação	Analisar e classificar os equipamentos da embarcação quanto a criticidade
Mapeamento das falhas de operação apresentadas nos equipamentos de classe A da embarcação	Mapear as falhas de operação apresentadas nos equipamentos de classe A da embarcação
Proposta de plano de ações preventivas e preditivas para os equipamentos críticos da embarcação	Propor plano de ações preventivas e preditivas para os equipamentos críticos da embarcação

3. ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS DA EMBARCAÇÃO

Para Moss e Woodhouse (1999) apud Baran e Trojan (2016), ainda que a criticidade esteja sujeita a diferentes interpretações, dependendo do objetivo e contexto no qual é analisada, a mesma pode ser definida como o atributo que expressa a importância da função de um equipamento ou sistema dentro de um processo produtivo sob aspectos como segurança, qualidade, meio ambiente, entre outros critérios específicos. Portanto, a avaliação da criticidade fornece os meios para quantificar e qualificar a importância de um equipamento ou função do sistema em relação ao seu impacto no processo uma vez que a falha ou baixo desempenho dos equipamentos mais críticos podem acarretar graves consequências, como acidentes com pessoas, danos ambientais, impactos econômicos e operacionais (SMITH & HAWKINS; 2004).

Para realização da análise de criticidade proposta nesse estudo, inicialmente, foi demandado o levantamento dos ativos da embarcação para submissão à avaliação. A partir dessa informação, os mesmos foram avaliados considerando as premissas da classificação ABC, estudo em que ocorre a separação dos itens quanto à sua relevância em três grupos considerando fatores como segurança e meio ambiente, qualidade do produto, condição de operação, condições de entrega, índices de paradas (confiabilidade) e manutenibilidade.

Nesse sentido, ainda que a avaliação da criticidade de todos os equipamentos tenha ocorrido, consistindo em uma relevante etapa no fluxo de análise, a identificação dos elementos de criticidade A - aqueles que são capazes de interromper o processo de funcionamento do *ferry boat*, afetar na segurança, no meio ambiente e na qualidade do serviço, e não possuem um equipamento que o substitua e elevar os custos mensais de manutenção em mais de 20% - consiste em ação fundamental pois revelará para quais equipamentos serão propostas as ações seguintes.

3.1 Metodologia adotada neste estudo

Em um primeiro momento, foi realizado um levantamento dos equipamentos da embarcação Dorival Caymmi. Nessa ação foram considerados os documentos fornecidos pela empresa Internacional Travessias Salvador, sendo os mesmos: arranjo geral, plano de segurança, memorial descritivo da embarcação, relatórios de docagem e cadastro de itens. Para melhor identificação dos equipamentos presentes na embarcação, a empresa segrega os equipamentos em dez diferentes áreas de atuação sendo as mesmas adotadas também na realização desse estudo. Tratam-se de: comunicação e navegação; segurança e salvatagem; geração, propulsão e governo; área auxiliar; elétrica - 440/220 V; elétrica - 24 VCC; ar condicionado; carga e descarga; casco e rede; e mobília e equipamentos de entretenimento.

Considerando cada área, os equipamentos foram avaliados de acordo com 12 critérios, sendo eles se: a falha do equipamento gera parada da embarcação, provoca acidente grave, gera problemas com a embarcação, afeta qualidade do serviço, não existe backup, sua falha afeta o funcionamento mas não causa parada, pode provocar algum tipo de acidente porém só material, possui backup, não tem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidentes com a sua falha, não para a embarcação, e não afeta a qualidade.

Quadro 02: Critérios de avaliação adotados para análise de criticidade

Classificação	Critérios de Avaliação
A	Causa parada
	Provoca acidente grave
	Gera problemas com a embarcação
	Afeta a qualidade
	Não existe backup
B	Afeta o funcionamento, mas não causa parada
	Pode provocar algum tipo de acidente, porém só material
	Existe backup

C	Não tem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidentes
	Não para a embarcação
	Não afeta a qualidade
	Existe backup

Fonte: ADAPTADA DE CARNEIRO, 2021.

Esses critérios, baseados nas recomendações de Carneiro (2019), foram organizados nos 3 níveis de classificação indicados no Quadro 02 sendo que o atendimento a, no mínimo, um dos cinco primeiros critérios de avaliação indica classificação da criticidade do equipamento em A, o atendimento ao menos de um dos três critérios seguintes indica a classificação da criticidade no nível B e o atendimento a um ou mais dos quatro últimos critérios culminam na classificação da criticidade C.

O processo de avaliação dos níveis de criticidade para cada equipamento foi realizado considerando as discussões entre os autores deste estudo, as visitas técnicas, a leitura documental realizada e a validação dos gestores do processo na empresa.

3.2 Discussão e resultados

Para obtenção dos dados necessários ao início da execução do projeto, foram verificados os seguintes documentos da empresa: arranjo geral, plano de segurança, memorial descritivo da embarcação, relatórios de docagem e cadastro de itens. Essa análise permitiu que fossem levantados todos os equipamentos referente à embarcação objeto deste estudo, bem como a organização dos mesmos fracionados pelas dez áreas adotadas para identificação também pela empresa. Tratam-se de:

- **Comunicação e navegação:** abrangendo os equipamentos de comunicabilidade e náuticos;
- **Segurança e Salvatagem:** referindo-se à seguridade e suporte em situações de emergência e/ou acidentes;
- **Geração, propulsão e governo:** responsáveis pelo impulsionamento e direcionamento da embarcação;
- **Área auxiliar:** subsidiários no funcionamento geral;
- **Ar condicionado:** consistindo no próprio aparelho de climatização;
- **Carga e descarga:** elementos de movimentação e deslocamento;
- **Casco e rede:** indicando a estrutura mais externa da embarcação;
- **Mobília e equipamentos de entretenimento:** englobando itens lúdicos e de conforto;
- **Elétrica - 440/220 V e Elétrica - 24 VCC:** áreas correspondentes aos principais itens que utilizam a rede elétrica da embarcação como fonte de alimentação de energia.

Todos os dados levantados na análise documental foram confirmados através de visita técnica e aplicação de *checklist* para confirmação da existência de todos os itens levantados, assim como clara descrição do modelo específico de cada um dos mesmos. Do quantitativo inicialmente definido, três equipamentos foram excluídos do levantamento pois, embora existam em razão da embarcação ter sido fabricada por uma empresa estrangeira, não são utilizados devido à distância da rota em que a Dorival Caymmi atua - Salvador/Itaparica – não demandar pelo seu uso. A listagem dos equipamentos, bem como sua distribuição pelas dez áreas, estão apresentados, a seguir:

- **Segurança e Salvatagem:** Limpador Parabrisa; Luzes de Emergência; Sistemas de Detecção de Incêndio; Aparelho de Fundeio; Balsas Salva-vidas; Boias; Botoeira de Emergência; Coletes; Extintores; Facho Holmes (sinalizador de boias); Foguetes de Sinalização; Guarda Corpo; Motor Bomba de Incêndio.
- **Mobília e Equipamentos de Entretenimento:** Banheiros; Caixa de Coletes Salva-vidas; Camarotes; Janelas; Mobílias; Cozinha; Estofados; Filtro de Água; Lavanderia; Porta Álcool em Gel; Portas; TV.

- **Comunicação e Navegação:** AIS (Automatic Identification System); VHF Rádio; Luzes de Navegação; Painel de Luzes de Navegação; Radar; Apito; Bandeira; Celular de Bordo; Mastro Principal; Agulha Giroscópica e Agulha Magnética; CFTV (Circuito Fechado de Televisão); GPS (Global Positioning System).
- **Elétrica - 440/220 V:** QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC); Alarmes; Derramadores; Geradores; Inversores de Frequência; Monitor de Isolação - 220VCA; PAC - Painel de 220VAC Acomodações; PCP - Painel de 220VCA Convés Principal; PPA - Painel de 220VCA Passadiço; PPM - Painel de 220VAC Praça de Máquinas; Transformadores; Lâmpadas de Luminárias; Refletores; Ventiladores.
- **Elétrica - 24 VCC:** Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS); Baterias; Carregadores de Baterias; Holofote de Busca; Lâmpadas de Luminárias de Emergência; Luz de Fundeio; PIE (Painel de Iluminação de Emergência); PPA - Painel de 24VDC Passadiço; QEP - Quadro Elétrico Principal (24VDC); Luz de Navegação do Mastro; Tomadas.
- **Ar Condicionado:** Condensador; Contator; Evaporador; Válvulas; Voltímetro; Disjuntores; Filtros; Lâmpadas; Tomada.
- **Geração, Propulsão e Governo:** Azimutais (*Trust's*); MCA (Motor de Combustão Auxiliar); MCP (Motor de Combustão Principal); Piloto Automático.
- **Área Auxiliar:** Bomba de Incêndio; Bomba de Transferência de Óleo Diesel; Tanque Hidróforo; Tanques de Lastro; Bomba de Água Salgada para Ar Condicionado; Bomba de Carregamento de Água Doce; Bomba de Circulação de Água Salgada; Bomba de Descarga de Águas Servidas; Bomba de Esgoto e Lastro; Bomba de Pressurização de Água Doce; Bomba de Serviço Geral; MB. Auxiliar de Resfriamento A/S; MB. Máquina de Lavar Alta Pressão; Pique-tanque; Separador de Água e Óleo; Tanque de Água Doce; Tanque de Óleo Diesel; Tanque *Marpoll*; Ventiladores/Exaustor.
- **Carga e Descarga:** Cabos de Amarração; Cabrestante (Molinete); Motor da Rampa; Âncoras; Elevador; Mangotes; *Paio* de Amarras; Rampa; Sistema de Apeação; Talhas.
- **Casco e Rede:** Caixas de Mar; Rede de Séptico; Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal; Apêndices; Embornais; Pequenas Escotilhas; Ralos;

Sistema de Descarga de Gases dos Geradores de Emergência; Sistema de Descarga de Gases dos Geradores Principais; Superestrutura/Casaria de Convés; Suspiros e Tomadas de Enchimento; Teto; Toldos; Acessórios; Escotilhas em Convés (Gaiuta); Piso Flutuante; Portões.

Mediante a validação dos itens da base principal deste estudo, iniciou-se a realização da análise de criticidade para cada um dos equipamentos da embarcação. Para tal, foram usados os critérios recomendados de Carneiro (2019), e que foram devidamente adaptados para a realidade dessa análise, que geraram 12 parâmetros indicados avaliados para enquadramento da criticidade do equipamento.

Sendo classificado com Criticidade A - por atender a pelo menos um dos cinco primeiros critérios de avaliação (falha do equipamento gera parada da embarcação, provoca acidente grave, gera problemas com a embarcação, afeta qualidade do serviço, não existe backup) – foram identificados 23 equipamentos, sendo 3 da área de segurança e salvatagem, 5 da área de comunicação e navegação, 1 da área de elétrica - 440/220V, 1 da área de elétrica - 24VCC, 3 da área de geração, propulsão e governo, 4 da área auxiliar, 3 da área de carga e descarga e 3 da área de casco e rede.

Classificados com Criticidade B ao corresponder a um ou mais dos três critérios estabelecidos para essa faixa (falha afeta o funcionamento mas não causa parada, pode provocar algum tipo de acidente porém só material, possui backup), verificou-se 75 equipamentos, sendo 10 da área de segurança e salvatagem, 5 da área de mobília e equipamentos de entretenimento, 4 da área de comunicação e navegação, 10 da área elétrica - 440/220V, 8 da área elétrica - 24 VCC, 5 da área de ar condicionado, 1 da área de geração, propulsão e governo, 15 da área auxiliar, 7 da área de carga e descarga e 10 da área de casco e rede.

Por fim, por atender a pelo menos um dos critérios de não ter probabilidade de provocar qualquer tipo de acidentes com a sua falha, não parar a embarcação, e não afetar a qualidade do serviço, foram classificados como Criticidade C 23 equipamentos, sendo 7 da área de mobília e equipamentos de entretenimento, 3 da área de comunicação e navegação, 3 de elétrica - 440/220 V, 2 de elétrica - 24 VCC, 4 da área de ar condicionado, e 4 da área de casco e rede.

A consolidação das informações acima destacadas encontra-se apresentada a seguir:

- **Equipamentos de Criticidade A:** AIS (Automatic Identification System); Azimutais (*Trust's*); Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS); Bomba de Incêndio; Bomba de Transferência de Óleo Diesel; Cabos de Amarração; Cabrestante (Molinete); Caixas de Mar; VHF Radio; Limpador Parabrisa; Luzes de Emergência; Luzes de Navegação; MCA (Motor de Combustão Auxiliar); MCP (Motor de Combustão Principal); Motor da Rampa; Painel de Luzes de Navegação; QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC); Radar; Rede de Séptico; Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal; Sistemas de Detecção de Incêndio; Tanque Hidróforo; Tanques de Lastro.
- **Equipamentos de Criticidade B:** Alarmes; Âncoras; Aparelho de Fundeio; Apêndices; Apito; Balsas Salva Vidas; Bandeira; Banheiros; Baterias; Boias; Bomba de Água Salgada para Ar Condicionado; Bomba de Carregamento de Água Doce; Bomba de Circulação de Água Salgada; Bomba de Descarga de Águas Servidas; Bomba de Esgoto e Lastro; Bomba de Pressurização de Água Doce; Bomba de Serviço Geral; Botoeira de Emergência; Caixa de Coletes Salva-vidas; Camarotes; Carregadores de Baterias; Celular de Bordo; Coletes; Condensador; Contator; Derramadores; Elevador; Embornais; Evaporador; Extintores; Facho Holmes (Sinalizador de Boias); Foguetes de Sinalização; Geradores; Guarda Corpo; Holofote de Busca; Inversores de Frequência; Janelas; Lâmpadas de Luminárias de Emergência; Luz de Fundeio; Mangotes; Mastro Principal; MB. Auxiliar de Resfriamento A/S; MB. Máquina de Lavar Alta Pressão; Móveis; Monitor de Isolação - 220VCA; Motor Bomba de Incêndio; PAC – Painel de 220VAC Acomodações; Paiol de Amarras; PCP – Painel de 220VCA Convés Principal; Pequenas Escotilhas; PIE (Painel de Iluminação de Emergência); Piloto Automático; Pique Tanque; PPA – Painel de 220VCA Passadiço; PPA – Painel de 24VDC Passadiço; PPM - Painel de 220VAC Praça de Máquinas; QEP (Quadro Elétrico Principal - 24VDC); Ralos; Rampa; Separador de Água e Óleo; Sistema de Apeação; Sistema de Descarga de Gases dos Geradores de Emergência; Sistema de Descarga de Gases dos Geradores Principais; Superestrutura/Casaria de Convés; Suspiros e Tomadas

de Enchimento; Talhas; Tanque de Água Doce; Tanque de Óleo Diesel; Tanque Marpoll; Teto; Toldos; Transformadores; Válvulas; Ventiladores/Exaustor; Voltímetro.

- **Equipamentos de Criticidade C:** Acessórios; Agulha Giroscópica e Agulha Magnética; CFTV (Circuito Fechado de Televisão); Cozinha; Disjuntores; Escotilhas em Convés (Gaiuta); Estofados; Filtro de Água; Filtros; GPS (*Global Positioning System*); Lâmpadas; Lâmpadas de Luminárias; Lavanderia; Luz de Navegação do Mastro; Piso Flutuante; Porta Álcool em Gel; Portas; Portões; Refletores; Tomada (Ar Condicionado); Tomadas; TV; Ventiladores.

Conforme indica Ribeiro (2009), um equipamento de criticidade A é vital e único, sem redundância, participa direta ou indiretamente do processo de viagem, sua parada interrompe o processo de navegação, levando à indisponibilidade da viagem e, conseqüentemente, à perdas no faturamento, redução na qualidade do serviço e problemas quanto a segurança ambiental e do trabalhador. Assim, para continuidade deste estudo, os equipamentos de classificação A devem ser analisados quanto aos modos de falha.

3.3 Considerações sobre a análise de criticidade dos equipamentos

O nível de criticidade de um equipamento indica o grau de complexidade e importância do mesmo em um dado processo. Este grau está relacionado a manutenção do maquinário que pela maior complexidade de acesso ou quantitativo de impactos de suas avarias na embarcação recebe maior criticidade em sua classificação, chamando assim atenção ao nível das conseqüências em caso de parada dos mesmos.

Considerando a embarcação Dorival Caymmi e seus equipamentos de criticidade A, salutar é analisar os modos de falha para que sejam adotadas corretas rotinas de manutenção para cada equipamento. Portanto, considerando os 23 equipamentos classificados no maior índice de criticidade, apresentados no Quadro 03, a próxima etapa deste estudo consistirá em analisar os dados de manutenção para constatação dos modos de falha de cada equipamento.

Quadro 03: Equipamentos de criticidade A para cada área

ÁREA	EQUIPAMENTO
SEGURANÇA E SALVATAGEM	Limpador Parabrisa
	Luzes de Emergência
	Sistemas de Detecção de Incêndio
COMUNICAÇÃO E NAVEGAÇÃO	AIS (Automatic Identification System)
	VHF Radio
	Luzes de Navegação
	Painel de Luzes de Navegação
	Radar
ELÉTRICA - 440/220 V	QEP – Quadro Elétrico Principal (440/220VAC)
ELÉTRICA - 24 VCC	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS)
GERAÇÃO, PROPULSÃO E GOVERNO	Azimutais (Trust's)
	MCA (Motor de Combustão Auxiliar)
	MCP (Motor de Combustão Principal)
AUXILIAR	Bomba de Incêndio
	Bomba de Transferência de Óleo Diesel
	Tanque Hidróforo
	Tanques de Lastro
CARGA E DESCARGA	Cabos de Amarração
	Cabrestante (Molinete)
	Motor da Rampa
CASCO E REDE	Caixas de Mar
	Rede de Sêptico
	Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal

Nesse sentido, convém destacar que os modos de falha estão relacionados ao fato de como um processo pode ser levado a operar de maneira deficiente frente às propriedades inerentes a cada equipamento, visto que cada item tem suas características particulares como função, ambiente de trabalho, materiais, fabricação e qualidade.

4. MAPEAMENTO DAS FALHAS DE OPERAÇÃO APRESENTADAS NOS EQUIPAMENTOS DE CLASSE A DA EMBARCAÇÃO

Com ampla aplicação nos diversos setores da economia, tanto para produtos como para serviços, o FMEA (Análise do Modo de Falha e seus Efeitos) é uma metodologia que visa identificar de maneira prévia a ocorrência do modo, efeito e possíveis causas de irregularidades. Desta maneira, é possível antecipar-se a essas situações, evitando consequências mais graves e prezando pela confiabilidade do exercício (LORENZI, 2015).

Por meio de um completo mapeamento das falhas, o amplo conhecimento dos problemas que podem surgir nos ativos da embarcação estudada apresenta-se como significativa contribuição para o desenvolvimento de planos de manutenção propondo intervenções de ordem preventiva e preditiva.

4.1 Metodologia adotada neste estudo

A partir de visita técnica para observação *in loco*, foram levantadas informações iniciais de modelo e/ou fabricante dos equipamentos, além de entrevista com funcionários da empresa relacionados à operação e/ou manutenção dos mesmos. A análise qualitativa dos questionários, permitiu identificar as principais funções e componentes de cada equipamento, bem como modos de falha que se apresentam mais comumente.

Em seguida, foi analisado o histórico de solicitações de serviço de manutenção da empresa, compreendendo o período de janeiro de 2019 a setembro de 2020, sendo destacados os dados referentes à embarcação estudada e aos equipamentos considerados críticos. Para os mesmos, foram verificados os componentes requisitantes de reparo, a falha descrita, o tipo de manutenção adotada (se preventiva ou corretiva) e o período em que houve a solicitação. Tais informações foram utilizadas no preenchimento da planilha do FMEA que consta no Apêndice A. Como complemento aos dados já coletados, foram realizadas pesquisas bibliográficas, voltadas para o estudo da metodologia em equipamentos

semelhantes, bem como manuais de instrução, e materiais disponibilizados por parceiros da empresa e outros fabricantes dos tipos de equipamentos.

Em seguida, os ativos tiveram um detalhamento dos itens essenciais que os compõem e priorizando aqueles com maior histórico de defeito ou maior propensão ao mesmo. Para cada componente foram destacadas as formas como as falhas podem ser percebidas, seus efeitos na operação do equipamento isolado, bem como em toda a embarcação, e ainda as respectivas possíveis causas para as falhas identificadas.

Na etapa posterior, foram definidos os critérios para avaliação de risco, abrangendo os parâmetros necessários de ocorrência, severidade e detecção, onde para cada aspecto atribuiu-se um índice numérico, variando de 1 a 10, conforme premissas indicadas nos Quadros 04, 05 e 06. Tais critérios foram adotados mediante o padrão utilizado pela empresa Engeteles, conforme indicação do cliente deste projeto.

Quadro 04: Parâmetros de Ocorrência

OCORRÊNCIA		
PROBABILIDADE DE FALHA	TAXAS DE FALHAS POSSÍVEIS	ÍNDICES DE OCORRÊNCIA
Remota: Falha é impossível	Chance remota de falha	1
Baixa: Relativamente poucas falhas	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos	2
	Pouco frequente: 1 vez a cada 2 anos	3
Moderada: Falhas ocasionais	Frequência baixa: 1 vez por ano	4
	Frequência ocasional: 1 vez por semestre	5
	Frequência moderada: 1 vez por mês	6
Alta: Falhas frequentes	Frequente 1 vez por semana	7
	Frequência elevada: algumas vezes por semana	8
Muito Alta: Falhas persistentes	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia	9
	Frequência máxima: várias vezes ao dia	10

Fonte: ENGETELES, 2020.

Quadro 05: Parâmetros de Severidade

SEVERIDADE		
SEVERIDADE	EFEITO DA SEVERIDADE	ÍNDICE DE SEVERIDADE
Nenhum	Sem efeito identificado	1
Muito menor	Itens de ajuste, acabamento/chiado e barulho não-conformes. Defeito evidenciado por cliente acurados (menos que 25%).	2
Menor	Itens de ajuste, acabamento/chiado e barulho não-conformes. Defeito evidenciado por 50% dos clientes.	3
Muito baixo	Itens de ajuste, acabamento/chiado e barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais de 75%).	4
Baixo	Equipamento operável, mas item(s) de conforto/conveniência operável(is) com níveis de desempenho reduzidos.	5
Moderado	Equipamento operável, mas item(s) de conforto/conveniência inoperável(is). Clientes insatisfeitos.	6
Alto	Equipamento inoperável, com níveis de desempenho reduzidos. Cliente insatisfeito.	7
Muito alto	Equipamento inoperável (perda das funções primárias)	8
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento com aviso prévio.	9
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento sem aviso prévio.	10

Fonte: ENGETELES, 2020.

Quadro 06: Parâmetros de Detecção para Avaliação de Risco

DETECÇÃO						
DETECÇÃO	CRITÉRIOS	TIPOS DE INSPEÇÃO			FAIXAS SUGERIDAS DOS MÉTODOS DE DETECÇÃO	ÍNDICE
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção			X	Não pode detectar ou não é verificado	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar			X	Controle é alcançado somente com verificação aleatório ou indireta	9
Remota	Controles tem poucas chances de detecção			X	Controle é alcançado somente com inspeção visual	8
Muito Baixa	Controles tem poucas chances de detectar			X	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual	7
Baixa	Controles podem detectar		X	X	Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo)	6
Moderada	Controles podem detectar		X		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não-passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação	5
Moderada em alta	Controles tem boas chances para detectar	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes ou medições feitas na preparação de máquina e verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina)	4
Alta	Controles tem boas chances para detectar	X	X		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peças discrepantes.	3

Muito alta	Controles quase certamente detectarão	X	X		Detecção de erro na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peças discrepantes.	2
Quase certamente	Controles certamente detectarão	X			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: ENGETELES, 2020.

Atendendo às premissas indicadas, os riscos foram avaliados considerando uma nota quantitativa para cada item dos equipamentos, sendo esses valores multiplicados entre si para obtenção da medida *Risk Priority Number*, que segundo *Institute for Healthcare Improvement*, é uma avaliação do risco atribuído a um processo, ou etapas dele, como parte da Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA), onde atribui-se a cada modo de falha valores numéricos que quantificam a probabilidade de ocorrência, probabilidade de detecção e gravidade do impacto, são eles: índices de ocorrência (IC), severidade (IS) e detecção (ID) na seguinte operação:

$$RPN = IC \times IS \times ID \text{ (Equação 01)}$$

Desta forma, os equipamentos foram dispostos em planilha considerando o seu RPN, que nada mais é que o grau de prioridade que deve ser dada a cada equipamento e a partir daí foram propostas ações de manutenção preventiva para cada situação verificada.

4.2 Discussão e Resultados

Com o levantamento dos dados obtidos através das informações analisadas, pela tabela do FMEA foi possível entender e qualificar quantitativamente os modos de falhas de cada equipamento para diante disso observar onde estão os componentes com maior severidade, podendo assim obter uma visão do que torna os equipamentos selecionados, classificados como itens críticos na embarcação Dorival Caymmi.

A análise dos efeitos e modos de falha trata-se de um meio para auxiliar na identificação de falhas antes que elas aconteçam, usando uma lista de verificação constituída por 3 perguntas principais para cada causa possível de falha. São elas: Qual a probabilidade de ocorrer a falha? Qual a consequência ou severidade da falha? Qual é o nível de detecção desta falha antes que afete o cliente? (SLACK, 2009)

Assim, cada equipamento selecionado passou por uma avaliação fundamentada aos históricos de solicitação de serviço e pesquisas técnicas a respeito do funcionamento dos mesmos para resposta aos questionamentos acima e posterior classificação dos parâmetros de risco utilizando os 3 critérios sugeridos no modelo Engeteles (2020).

4.2.1 Ocorrência de falhas

Responder este questionamento fornece uma base de frequência ou probabilidade do aparecimento do modo de falha. Portanto, frente ao histórico de utilização e no levantamento da vida útil por meio de informações do fabricante, o quadro abaixo é o resultado do processo de aferir uma nota (1 a 10) para a probabilidade de determinada falha ocorrer. Convém destacar que para os componentes em que há mais de uma nota indicada, isso se deve à probabilidade de ocorrência ser diferente para cada modo de falha possível.

Quadro 07: Índice de Ocorrência por Componente/Equipamento

EQUIPAMENTO	COMPONENTE	ÍNDICE DE OCORRÊNCIA
AIS (Automatic Identification System)	Aparelho	5
	Transponder AIS	4
	Display	3
Azimutais (Trust's)	Propulsor	6

	Motor	5
	Bomba do Sistema Hidráulico e de Lubrificação	7
	Hélice	8
Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS)	Bateria	6
	Eletrólito	4
	Células	2
	Placas	5
	Conexões	4
Bomba de Incêndio (elétrica)	Sistema Elétrico	1
	Motor	4
	Controlador	1/3
	Tubulações	5
	Válvulas	5
Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Bomba com Motor Elétrico	5
	Bomba com Motor Elétrico	4
	Mangueira	5
	Medidor de Pressão	5
Cabos de Amarração	Cabo de Fibra Sintética (vante, ré)	5
Cabrestante (Molinete)	Motor Hidráulico	5
Caixas de Mar	Válvula	4/5

	Bomba de Sucção	4/5/6
	Filtro	4
	Suspiro	4
VHF Radio	Microfone de Punho	4
	Unidade de Transceptor	2
	Alto-falante	3
	Visor	3
Limpador Para-brisa	Mecanismo Acionador	4
	Motor de Acionamento	4
	Braço do Limpador	5
	Palhetas	4
Luzes de Emergência	Lâmpada	5
Luzes de Navegação	Luminária de Topo de Mastro	6
	Luz verde, visível pelo boreste; vermelha, visível pelo bombordo e branca (alcançado) visível pela popa.	6
MCP (Motor de Combustão Principal) MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Motor	6/7/8
	Acoplamento	6
	<i>Aftercooler</i>	6/7
	Alarme	8
	Alternador	5

	Azimutal	7
	Bomba de Água Salgada	7
	Bomba de Combustível	7/8
	Bomba de Refrigeração	7/8
	Correia	4
	Descarga	9
	Gerador	5/6/7
	Indicadores em Geral	4
	Juntas em Geral	7
	Manômetro	4
	Sistema de Refrigeração	8
	Sistema de Exaustão	6
	Sistema de Combustível	7
	Sistema de Admissão	7
	Painel de Indicação dos Parâmetros	4
	Sensores Gerais	7
	Válvulas	5
Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Pistões	7
	Válvula	5
	Reservatório de Óleo	4

	Motor Elétrico	6
	Bomba	5
Painel de Luzes de Navegação	Mesa de Comando	5
	Lâmpadas	4
QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Disjuntor	7
	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	5
	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	5
	Bornes (Trilho DIN)	4
	Cabos	6
	Barramentos	6
Radar	Unidade de Scanner	5
	Unidade de Exibição	4
	Cabos	4
Rede de Séptico	Bomba de Séptico	3
	Tanque séptico	2
	Tubulação	5
Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal	Coletor de Escape	3
	Catalisador	2
Sistemas de Detecção de Incêndio	Central de Alarme	4

	Acionador	5
	Detector de Temperatura e Fumaça	4
	Sirene	4
	Sprinkler	3
Tanque Hidróforo	Válvulas	3
	Estrutura do Tanque	1
	Tubulação de Ar	1
Tanques de Lastro	Estrutura do Tanque	2
	Bombas de Entrada e Saída	3/6

Para determinação do grau de ocorrência de um equipamento é necessário possuir um histórico mapeado das falhas e causas de falhas que já ocorreram em um determinado equipamento. Assim, é possível perceber que caso um equipamento possua uma ocorrência de falha baixa, deve-se tratar somente de falhas isoladas, não problemas constantes.

4.2.2 Severidade

A severidade, é a análise da consequência da falha para o sistema que está sendo analisado. Este parâmetro deve ter como base a gravidade do feito para a embarcação e para os tripulantes do *ferry-boat*. Portanto, também medida por uma escala de 1 a 10, apresentada no quadro abaixo. Para os componentes em que há mais de uma nota indicada, isso se deve ao grau de severidade ser diferente para cada modo de falha possível.

Quadro 08: Índice de Severidade por Componente/Equipamento

EQUIPAMENTO	COMPONENTE	ÍNDICE DE SEVERIDADE
AIS (Automatic Identification System)	Aparelho	9
	Transponder AIS	7
	Display	4
Azimutais (Trust's)	Propulsor	7
	Motor	8
	Bomba do Sistema Hidráulico e de Lubrificação	8
	Hélice	7
Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS)	Bateria	9
	Eletrólito	4
	Células	7
	Placas	5
	Conexões	8
Bomba de Incêndio (elétrica)	Sistema Elétrico	7/8
	Motor	7
	Controlador	7
	Tubulações	7/8
	Válvulas	7
Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Bomba com Motor Elétrico	5/8

	Mangueira	5/6
	Medidor de Pressão	7
Cabos de Amarração	Cabo de Fibra Sintética (vante, ré)	6
Cabrestante (Molinete)	Motor Hidráulico	7/8
Caixas de Mar	Válvula	7/8
	Bomba de Sucção	6/7
	Filtro	7
	Suspiro	7
VHF Radio	Microfone de Punho	3
	Unidade de Transceptor	7
	Alto-falante	5
	Visor	10
Limpador Para-brisa	Mecanismo Acionador	6/10
	Motor de Acionamento	10
	Braço do Limpador	7
	Palhetas	6/7
Luzes de Emergência	Lâmpada	4
Luzes de Navegação	Luminária de Topo de Mastro	6
	Luz verde, visível pelo boreste; vermelha, visível pelo bombordo e branca (alcançado) visível pela popa.	8
MCP (Motor de Combustão Principal)	Motor	6/7/8

MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Acoplamento	7
	Aftercooler	6
	Alarme	5
	Alternador	5
	Azimutal	6
	Bomba de Água Salgada	6
	Bomba de Combustível	5
	Bomba de Refrigeração	6/7
	Correia	5
	Descarga	7
	Gerador	4/5/6/8
	Indicadores em Geral	4
	Juntas em Geral	6
	Manômetro	3
	Sistema de Refrigeração	6/8
	Sistema de Exaustão	8
	Sistema de Combustível	7
	Sistema de Admissão	4
	Painel de Indicação dos Parâmetros	5
	Sensores Gerais	5

	Válvulas	6
Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Pistões	7
	Válvula	7
	Reservatório de Óleo	4
	Motor Elétrico	5
	Bomba	8
Painel de Luzes de Navegação	Mesa de Comando	7
	Lâmpadas	5
QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Disjuntor	5
	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	5
	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	5
	Bornes (Trilho DIN)	5
	Cabos	7
	Barramentos	7
Radar	Unidade de Scanner	9
	Unidade de Exibição	9
	Cabos	8
Rede de Séptico	Bomba de Séptico	6
	Tanque séptico	5
	Tubulação	8

Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal	Coletor de Escape	9
	Catalisador	2
Sistemas de Detecção de Incêndio	Central de Alarme	10
	Acionador	9
	Detector de Temperatura e Fumaça	10
	Sirene	8
	Sprinkler	10
Tanque Hidróforo	Válvulas	6
	Estrutura do Tanque	6
	Tubulação de Ar	6
Tanques de Lastro	Estrutura do Tanque	3
	Bombas de Entrada e Saída	7/8

A severidade é um índice que não pode ser reduzido ou eliminado, pois depende apenas do nível de transtorno que o efeito da falha traz ao ocorrer. Ou seja, caso um equipamento possua o indicador de severidade alto, mesmo que os demais índices analisados no FMEA sejam baixos, é necessário disponibilizar atenção às possíveis falhas deste.

4.2.3 Detecção

O critério avaliativo de detecção é o representante por informar qual a probabilidade de o procedimento de acompanhamento dos equipamentos não identificar a falha antes de chegar ao cliente final. Mantendo o padrão de escalas utilizadas, o quadro abaixo apresenta a análise para a detecção. Para os

componentes em que há mais de uma nota indicada, isso se deve ao índice de detecção ser diferente para cada modo de falha possível.

Quadro 09: Índice de Detecção por Componente/Equipamento

EQUIPAMENTO	COMPONENTE	ÍNDICE DE SEVERIDADE
AIS (Automatic Identification System)	Aparelho	9
	Transponder AIS	7
	Display	6
Azimutais (Trust's)	Propulsor	6
	Motor	8
	Bomba do Sistema Hidráulico e de Lubrificação	7
	Hélice	4
Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPS e GMDSS)	Bateria	5
	Eletrólito	2
	Células	4
	Placas	2
	Conexões	5
Bomba de Incêndio (elétrica)	Sistema Elétrico	3/5
	Motor	2
	Controlador	3
	Tubulações	3
	Válvulas	3

Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Bomba com Motor Elétrico	4/5
	Mangueira	4/7
	Medidor de Pressão	5
Cabos de Amarração	Cabo de Fibra Sintética (vante, ré)	2
Cabrestante (Molinete)	Motor Hidráulico	3/5
Caixas de Mar	Válvula	3/5/6
	Bomba de Sucção	4/6
	Filtro	4
	Suspiro	4
VHF Radio	Microfone de Punho	7
	Unidade de Transceptor	8
	Alto-falante	9
	Visor	8
Limpador Para-brisa	Mecanismo Acionador	1/4
	Motor de Acionamento	6
	Braço do Limpador	4
	Palhetas	4/5
Luzes de Emergência	Lâmpada	4
Luzes de Navegação	Luminária de Topo de Mastro	4
	Luz verde, visível pelo boreste; vermelha, visível pelo bombordo e branca (alcançado) visível pela popa.	4

MCP (Motor de Combustão Principal) MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Motor	6/7
	Acoplamento	3
	Aftercooler	4/5
	Alarme	3
	Alternador	5
	Azimutal	5
	Bomba de Água Salgada	5
	Bomba de Combustível	4
	Bomba de Refrigeração	6
	Correia	3
	Descarga	6
	Gerador	5/6/7
	Indicadores em Geral	3
	Juntas em Geral	5
	Manômetro	4
	Sistema de Refrigeração	6/7
	Sistema de Exaustão	7
	Sistema de Combustível	6
	Sistema de Admissão	7
	Painel de Indicação dos Parâmetros	3

	Sensores Gerais	3
	Válvulas	4
Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Pistões	5
	Válvula	6
	Reservatório de Óleo	5
	Motor Elétrico	4
	Bomba	5
Painel de Luzes de Navegação	Mesa de Comando	4
	Lâmpadas	5
QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Disjuntor	7
	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	7
	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	7
	Bornes (Trilho DIN)	7
	Cabos	8
	Barramentos	7
Radar	Unidade de Scanner	6
	Unidade de Exibição	3
	Cabos	4
Rede de Séptico	Bomba de Séptico	7
	Tanque séptico	7

	Tubulação	4
Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal	Coletor de Escape	8
	Catalisador	4
Sistemas de Detecção de Incêndio	Central de Alarme	7
	Acionador	6
	Detector de Temperatura e Fumaça	5
	Sirene	6
	Sprinkler	5
Tanque Hidróforo	Válvulas	3
	Estrutura do Tanque	3
	Tubulação de Ar	3
Tanques de Lastro	Estrutura do Tanque	3
	Bombas de Entrada e Saída	6/7

Para designar o índice de detecção dos modos de falha dos itens em estudo, foi considerada que a detectabilidade é vista como capacidade de detectar a falha logo após a sua ocorrência, ou seja, o quesito que se coloca é se após a ocorrência do modo de falha a detectabilidade de sua causa será certamente acusada pelos controles de manutenção de navio, se será quase impossível de detectar ou um nível moderado, como apresentado no quadro 6 “*Parâmetros de Detecção para Avaliação de Risco*”, deste artigo.

4.2 Considerações sobre o mapeamento de falha dos equipamentos de criticidade A

Com o desenvolvimento dos critérios abordados ou seja , seus valores multiplicados entre si (resultado apresentado no Apêndice A do trabalho) obteve-se como resultado a classificação da prioridade de risco de cada modo de falha, formando então a configuração da tabela FMEA na qual a terceira coluna indica 23 equipamentos que foram desdobrados em 85 componentes fixados, na quinta coluna, e conseqüentemente 123 modos de falhas localizados na sexta coluna da tabela completa fixada no apêndice deste artigo.

Este estudo permitiu: (I) mapear os componentes que trazem as potenciais falhas dos equipamentos da embarcação, (II) identificar as possíveis causas e ter uma ideia do período que essa falha pode ocorrer, (III) classificar a severidade no caso da ocorrência de falha.

Para Pinto e Xavier (2009) há uma classificação dos números de prioridade de risco (RPN - *Risk Priority Number*) onde o mesmo sugere que resultados obtidos com valores entre 0 e 50 são classificados como RPN baixo, valores entre 50 e 100 um RPN médio, valores entre 100 e 200 um RPN alto e valores superiores a 200 indicam prioridade de risco elevada.

Com o objetivo de categorizar os valores encontrados, de modo a obter informação de quais modos de falha requerem maior atenção e a realização posterior de ações de melhoria, de forma a diminuir o risco associado a cada uma das falhas foi possível apresentar, perante este estudo, o seguinte fracionamento:

Quadro 10: Classificação dos modos de falha de acordo com grau de prioridade de risco

13 modos de falha	$0 \geq 50$	Baixo
24 modos de falha	$51 \geq 100$	Médio
48 modos de falha	$101 \geq 200$	Alto
38 modos de falha	$200 >$	Muito alto

Com este desdobramento podemos notar que dentro dos 123 modos de falhas analisados, 86 estão classificados como “alto” e “muito alto” sendo estes os elementos mais críticos dentro dos componentes analisados. Porém, é importante

salientar que por questões didáticas, todos os modos de falhas mapeados dos equipamentos serão analisados para melhorias dos processos futuros.

Assim então, após entendimento dos resultados da tabela, ou seja, mapeando as falhas para poder focar em suas causas e conseqüentemente tratá-las, é possível montar um plano de ações a serem tomadas de forma que evite problemas futuros e prejuízos aconteçam.

5. PROPOSTA DE PLANO DE AÇÕES PREVENTIVAS E PREDITIVAS PARA OS EQUIPAMENTOS CRÍTICOS DA EMBARCAÇÃO

A manutenção é um departamento com função estratégica na empresa, afinal monitoramento e ação são as atividades concernentes a esse setor e que impactam diretamente nos resultados operacionais e de faturamento da corporação. Para melhor gestão desta área é necessário planejar ações que definirão a melhor forma de aumentar a vida útil e manter os equipamentos em operação por mais tempo possível (CHIAVENATO, 2005).

Compreendendo os modos de falhas dos componentes críticos, foram elencadas ações de manutenção preditivas e preventivas, tendo como meta principal a redução das probabilidades de falha. A atuação do departamento passa a ser, prioritariamente, por meio de ações de limpeza, lubrificação, inspeções, medições, sondagem, etc. (Slack, 2009) Desta forma, observando o comportamento das máquinas, verificando falhas ou detectando mudanças nas condições físicas, pode-se prever com precisão o risco de quebra, permitindo assim, a manutenção programada. (M.L. Santana et al., 2014)

Assim, ao realizar o mapeamento dos equipamentos e componentes mais críticos da embarcação é possível consolidar um plano de ação para evitar manutenções corretivas, evitando surpresas para a equipe de gerenciamento da embarcação, suspensão das atividades marítimas ou atraso na saída da mesma.

5.1 Metodologia adotada neste estudo

Baseando-se inicialmente nas informações catalogadas pela metodologia FMEA aplicada aos equipamentos mais críticos da embarcação Dorival Caymmi, conforme descrito em seções anteriores, foi possível partir da análise dos efeitos e modos de falhas apresentados para estruturação de um plano de ações preditivas e preventivas relativas à manutenção.

Mediante a validação pela empresa Internacional Travessias, referente ao estudo apresentado na seção 4 foi realizada visita técnica *in loco*, além de entrevistas com os funcionários relacionados à manutenção e operação dos equipamentos. Através dos dados coletados, aliados às orientações prestadas por

fabricantes e distribuidores dos itens, além de um embasamento teórico, foi possível entender como tratar a manutenção de tais equipamentos críticos.

Assim então, montou-se o plano de ações para evitar ou impedir que as falhas aconteçam, propondo uma estratégia principalmente de monitoramento e providência dos equipamentos. Tal planejamento foi agregado à planilha do FMEA, conforme exposto no Apêndice A.

5.2 Discussão e Resultados

A partir da análise de modos, efeitos e causas das possíveis falhas a serem apresentadas nos equipamentos mais críticos da embarcação Dorival Caymmi, foi factível um estudo de como evitar a ocorrência dos defeitos elencados. Primeiramente, foi calculado o NPR (Número de Prioridade de Risco) baseado na avaliação de risco do modo de falha, seguindo os critérios mostrados na Figura 2.

Figura 02 - Parâmetros Avaliação de Risco

Ocorrência			Severidade			Detecção						
Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência	Severidade	Efeito da Severidade	Índice de Severidade	Detecção	Critério	Tipos de Inspeção			Índice de Detecção	
								A	B	C		
Remota: Falha é improvável	Chance Remota de Falha	1	Nenhum	Sem efeito identificado.	1	Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção.			x	Não pode detectar ou não é verificado.	10
	Baixa: Relativamente poucas falhas	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos	2	Muito menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chido e Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por clientes acurados (menos que 25%).	2	Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar.			x	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.
Moderada: Falhas ocasionais		Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos	3	Menor	Itens de ajuste, Acabamento/Chido e Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 50%).	3	Remota	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com inspeção visual.
	Frequência baixa: 1 vez por ano	4	Muito baixo	Itens de Ajuste, Acabamento/Chido e Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%).	4	Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
	Frequência ocasional: 1 vez por semestre	5	Baixo	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com níveis de desempenho reduzidos.	5	Baixa	Controles podem detectar.	x	x		Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo).	6
	Frequência moderada: 1 vez por mês	6	Moderado	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente insatisfeito.	6	Moderada	Controles podem detectar.			x	Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não-passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5

Na Figura 2 pode-se observar os critérios utilizados para definir o NPR para cada modo de falha. A partir dessa avaliação de risco foi classificada a criticidade de cada falha mapeada. A probabilidade de ocorrência indica a frequência que a falha pode ocorrer, variando de uma escala de 1(falha improvável) até 10(probabilidade da falha ocorrer várias vezes ao dia). A severidade classifica o nível de gravidade da falha de acordo com a consequência que ela pode representar à operação, então pode variar entre a escala 1(sem nenhum efeito) até

a 10 (perigo à segurança na operação do equipamento sem aviso prévio). Por fim, foi analisado o grau de detecção que varia entre 10 (não é possível detectar) a 1 (possibilidade alta de detecção da falha).

Sendo assim, verificando cuidadosamente cada um dos componentes descritos, foi investigado para os mesmos a maneira mais assertiva de prevenção e acompanhamento (ações preditivas) capazes de antecipar/evitar incidentes de falhas.

Desta forma, baseando-se nas informações obtidas ao longo de todo o projeto, bem como das orientações usuais de fabricantes do maquinário estudado, foi consolidado um plano de ação preventivo e preditivo dos equipamentos segmentado entre as áreas, como visto na Figura 3.

Figura 03 - Índice de Áreas



A matriz FMEA é dividida em três áreas: ponto de falha, análise da falha e ações preditivas/preventivas. Como pode ser visto na Figura 4, houve uma categorização de acordo com a área e sistema no qual o equipamento está inserido. Na seção Ponto de Falha há um detalhamento do equipamento, função e seus componentes, de acordo com os dados fornecidos pela empresa e manuais de fabricante.

Figura 04 - Matriz FMEA: Ponto de Falha

Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Ponto de Falha		
		Equipamento	Função do Equipamento	Componente
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Aparelho
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Transponder AIS
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Display
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Microfone de punho
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Unidade de transceptor

Com base em cada componente descrito, foi definido o modo, efeito e causa da falha, como mostrado na Figura 5.

Figura 05 - Matriz FMEA: Análise da Falha

Análise da Falha			Avaliação de Risco			
Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Detecção	N.P.R. (S x O x D)
Informações incorretas apresentadas no display / Falha na comunicação.	Impossibilidade de transmissão e recepção de dados e mensagens.	Falha do equipamento; término do ciclo de vida dos componentes internos.	4	7	7	196
Display apresentando falhas.	Impossibilidade de visualização das informações das embarcações ao redor.	Sobrecarga elétrica; quebra por impacto.	3	4	6	72
Ruído excessivo.	Não transmissão da informação.	Cabo danificado.	4	3	7	84
Não reprodução do áudio.	Perda da comunicação com as embarcações próximas e não atendimento à NORMAM 02.	Conectores danificados.	2	7	8	112

A avaliação de risco é o produto da probabilidade de ocorrência, detecção e severidade do modo de falha, sendo assim, os componentes que apresentam maior índice do NPR são aqueles mais críticos e que devem obter ações mais urgentes para evitar as possíveis falhas.

Na Figura 6 é possível observar as ações preventivas e preditivas que foram definidas juntamente com a frequência a serem realizadas, de acordo com o indicador e também com as recomendações dos fabricantes dos equipamentos.

Figura 06 - Matriz FMEA: Ações

Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
Realizar semanalmente o aperto das conexões e o processo de reset.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
Monitorar ao longo da utilização e realizar teste diário antes de iniciar o funcionamento da embarcação.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
Realizar teste diário antes de início de funcionamento da embarcação; aplicar película protetora no display.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS e do sistema de proteção de sobrecarga elétrica.
Armazenamento adequado do componente; treinamento semestral para o operador que irá utilizar.	Inspeção visual quinzenal do cabo.
Verificar visualmente dos conectores semanalmente.	Verificar diariamente se há algum tipo de ruído ou alteração da transmissão da informação.

A partir dos componentes dos equipamentos e suas análises de falhas, foi estruturado um plano de ação preventiva e preditiva, mostrado detalhadamente no Apêndice A.

Figura 07 - FMEA dos equipamentos do Sistema de Comunicação e Navegação

Ponto de Falha				
Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Unidade de exibição	Limpar semanalmente com pano macio (100% algodão) e usar agente antiestático.	Inspeção visual diária do estado do componente.
Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Cabos	Limpeza semanal dos terminais.	Verificar quinzenalmente os parâmetros de transmissão e do sistema de proteção de sobrecarga elétrica.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Inspeção anual, ajustando as conexões quando necessário e substituindo subcomponentes.	Testar quinzenalmente as conexões.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Inspeção e teste de funcionamento semanais.	Fazer semanalmente um check list dos subcomponentes.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Inspeção e teste de funcionamento semanais.	Verificar semanalmente a carga utilizada na fonte de alimentação.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Inspeccionar o equipamento anualmente; realizar lubrificação; verificar encaixes no componente e alinhamento.	Realizar lubrificação trimestral.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Testar e inspecionar componentes semanalmente.	Testar e inspecionar componentes semanalmente.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Inspeccionar semanalmente a instalação de acordo com instruções do fabricante.	Monitorar semanalmente o fluxo de passagem de corrente elétrica por megagem.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Verificar semanalmente o nível de óleo e se não há desgaste do material ou folgas nas conexões.	Verificar semanalmente o nível de óleo.
Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Controlador	Inspeccionar semanalmente.	Verificar <i>in loco</i> semanalmente o alarme do controlador.

A Figura 7 mostra um recorte da matriz FMEA onde é possível entender como foram definidas as ações de acordo com os equipamentos. Dentre as ações preventivas mais recorrentes, encontram-se a inspeção, limpeza e lubrificação. Ao inspecionar um equipamento é possível identificar previamente os modos de falhas, é uma técnica simples e que não apresenta custos, mas ao ser realizada de acordo com a frequência estabelecida na matriz FMEA, vai permitir à empresa controlar o estado atual e futuro dos equipamentos.

A limpeza dos componentes dos equipamentos é fundamental para mantê-los em operação, na matriz, a forma e periodicidade estabelecidas para essa ação variam de acordo com os fabricantes. Considerando a ação de agentes como o salitre e poeira que são frequentes na embarcação, a limpeza se torna essencial para manter as funcionalidades do maquinário.

Por fim, a lubrificação dos componentes é uma ação que deve ser executada, principalmente em motores, para garantir que toda a sua movimentação não seja interrompida por conta de ressecamento, baixo nível de óleo, entre outros fatores.

As ações preditivas representam um custo maior em relação às preventivas, mas é de extrema importância para realização do monitoramento em tempo real dos equipamentos, e com isso, realizar um planejamento de quando deve ser feita

a manutenção dos mesmos. Dentre as técnicas recomendadas, os testes para verificação da vibração, nível de óleo e termografia são os mais recorrentes, principalmente quando se trata dos motores. Nessas técnicas, a empresa deverá ter conhecimento prévio dos padrões toleráveis das máquinas, para quando for realizada a manutenção preditiva, identificar possíveis anormalidades.

5.2.1 Sistema de Comunicação e Navegação

Foram analisados 3 equipamentos desse sistema: o AIS (*Automatic Identification System*), o Radar e o VHF Rádio. É um dos sistemas de maior importância da embarcação pois garante que os tripulantes e marinheiros possam estar orientados quanto a coordenadas e possíveis problemas.

Figura 08 - FMEA dos equipamentos do Sistema de Comunicação e Navegação

5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação			de Risco		
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	N.P.R. (S x O x D)	Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	405	Realizar semanalmente o aperto das conexões e o processo de reset.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	196	Monitorar ao longo da utilização e realizar teste diário antes de iniciar o funcionamento da embarcação.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	72	Realizar teste diário antes de início de funcionamento da embarcação; aplicar película protetora no display.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS e do sistema de proteção de sobrecarga elétrica.

5.2.2 Sistema de Geração, Propulsão e Governo

Para esse sistema, que é o coração da embarcação, foram analisados os azimutais, cabestrante e os motores de combustão principal e auxiliar. Apesar de conter apenas 3 equipamentos, esse foi o sistema com mais ramificações no destrinchamento dos seus componentes, devido a sua importância, por exemplo os Motores de combustão foram separados e analisados em 24 componentes com foco em ações para limpeza, manutenções preventivas e testes com monitoramento constante de funcionamento.

Figura 9 - FMEA dos equipamentos do Sistema de Geração, Propulsão e Governo

5.3 Geração, Propulsão e Governo				Análise da Falha		
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha
5.3 Geração, Propulsão e Governo	Sistema de Geração	MCP (Motor de Combustão Principal) MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Motor	Superaquecimento do motor.	Aquecimento durante o trajeto.	Placas ou trocates de calor sujos; rede da caixa de mar obstruída.
5.3 Geração, Propulsão e Governo	Sistema de Geração	MCP (Motor de Combustão Principal) MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Motor	Superaquecimento do motor.	Termostato travado (não permitindo abertura por aumento da temperatura do fluido).	Termostato no fim da vida útil; termostato apresentou falha devido ao desgaste na mola de abertura.
5.3 Geração, Propulsão e Governo	Sistema de Geração	MCP (Motor de Combustão Principal) MCA (Motor de Combustão Auxiliar)	Motor	Motor apresentando rotação acima do especificado.	Parada por atingir rotação acima do limite de segurança.	Descalibração no acionamento da bomba injetora; defeito no sensor de aquisição dos dados.

5.2.3 Sistema Auxiliares

Desse sistema foram analisados a Bomba de Transferência de Óleo Diesel do tanque de serviço para o tanque de armazenamento, a Rede de Séptico que é a rede de coleta e separação do esgoto da embarcação e o Tanque Hidróforo que tem como função armazenar a água a ser distribuída para acomodações e serviços de bordo, mantendo sob pressão a rede de distribuição.

Figura 10 - FMEA dos equipamentos do Sistema de Comunicação e Navegação

5.4 Sistemas Auxiliares			de Risco		
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	N.P.R. (S x O x D)	Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	100	Inspeção mensal das conexões elétricas e dos componentes de rotação.	Análise mensal de vibração para detectar variações no funcionamento do componente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	160	Inspeção mensal da voltagem da bomba; limpar mensalmente válvula e filtro.	Análise mensal de vibração mensal para detectar variações no funcionamento do componente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	128	Inspeccionar mensalmente da instalação e nível de óleo de acordo com instruções do fabricante.	Monitorar o fluxo de passagem de corrente elétrica por megagem e monitorar fluxo de óleo a cada 2 meses.

5.2.4 Sistema Elétricos – 440/220 VCA

Nesta análise, o sistema elétrico possui grande importância como componente da embarcação, visto que este sistema influencia nas luzes de navegação muito importante para a comunicação em alto mar. Este sistema

analisou 8 componentes tendo estes, como principais ações preventivas as verificações e análises periódicas dos equipamentos.

Figura 11 - FMEA dos equipamentos do Sistema Elétrico - 440/220 VCA

5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA		Ponto de Falha			Análise da Falha		
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema de Navegação	Luzes de Navegação	Iluminar o local e transmitir informações para as outras embarcações.	Luminária de topo de mastro	Estágio sem acender.	Não sinalizar que o ferry está fundeado.	Mal contato da lâmpada com o soquete.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema de Navegação	Luzes de Navegação	Iluminar o local e transmitir informações para as outras embarcações.	Luz verde, visível pelo boreste; vermelha, visível pelo bombordo e branca (alçaçado) visível pela popa.	Luz de navegação queimada ou inoperante.	Emissão de informação incorreta para as embarcações ao redor.	O equipamento atingiu o limite da vida útil especificada pelo fabricante.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Disjuntor	Disjuntor não desarmar; queima do disjuntor.	Sobrecarga do sistema.	Curto-circuitos; queima de aparelhos e até incêndios.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	Queima ou parada total	Propagação de corrente elétrica para o sistema ou pessoa que esteja em contato com o circuito.	Fio terra desconectado impedindo a fuga da energia.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	QEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	Queima ou parada total	Queima do resistor elétrico.	Fico de tensão.

5.2.5 Sistema Elétricos – 24 VDC

Este sistema elétrico é responsável pela alimentação de energia dentro da embarcação, assim como manter a energia dos sistemas de segurança do navio ativos e os painéis de navegação ligados. Contando com 9 componentes analisados, as principais medidas a serem tomadas como preventivas são inspeções periódicas dos cabamentos, conexões e lubrificação de alguns materiais além de alimentação com água desmineralizada para aqueles componentes que forem necessários. Já as ações preditivas consistem no monitoramento das tensões e dos estados físicos dos componentes.

Figura 12 - FMEA dos equipamentos do Sistema Elétrico- 24 VDC

5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC		Análise da Falha			Avaliação		
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Equipamento não funciona.	Impossibilidade da embarcação navegar.	Bateria descarregada.	6	9	5
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Vazamento de fluido das baterias.	Diminuição da capacidade de armazenamento de energia.	Excesso de tensão/corrente.	4	4	2
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Bateria estufada.	Parada do equipamento.	Componentes internos gerando interferências; excesso de tensão/corrente.	2	7	4
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Deformação dos bornes.	Bateria com baixa condução de energia.	Quebra das soldas de conexões nos processos de carga e descarga.	4	8	5
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Superaquecimento.	Diminuição da capacidade de armazenamento e condução de energia.	Formação de cristais de sulfato de chumbo nas placas.	5	5	2
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema de Segurança	Uma ou mais lâmpadas sem funcionar.	Não guiar os tripulantes para a saída em caso de emergência ou falta de energia.	O equipamento atingiu o limite da vida útil especificada pelo fabricante.	5	4	4

5.2.6 Sistema de Carga e Descarga

Este sistema abrange o sistema hidráulico da embarcação no qual é responsável por movimentar as rampas de acesso ao ferry-boat. Assim, foram analisados 5 componentes definidos como críticos deste sistema nos permitindo assim definir ações preventivas como realização de análise de vibração, alinhamento das engrenagens e inspeções periódicas e para ações preditivas ficam definidas ações como monitoramento das vibrações, monitoramento periódico dos níveis de óleo e monitoramento da passagem de corrente elétrica no motor da rampa

Figura 13 - FMEA dos equipamentos do Sistema de Carga e Descarga

5.8 Sistema de Carga e Descarga		Ponto de Falha			Análise da Falha	
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Pistões	Trepidações e vibrações excessivas.	Obstrução dos pistões.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Válvula	Obstrução.	Aumento de pressão.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Reservatório de óleo	Vazamentos aparentes no reservatório e nos demais componentes do sistema.	Perda de óleo hidráulico e redução da capacidade de carga.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Motor elétrico	Vibrações e trepidações excessivas.	Desarme; interrupção do motor.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Bomba	Vazamentos aparentes e perda de pressão.	Contaminação e perda de lubrificação.

5.2.7 Caco e Rede

Este sistema abrange 9 componentes, entre eles componentes relacionados à estrutura da embarcação, ao sistema hidrófobo como as caixas de mar e o sistema de descarga de gases da embarcação. Foram definidos ações preventivas como limpeza, inspeções periódicas dos componentes mediante sua vida útil e preditivas como o monitoramento dos níveis de água no Ferry-boat, monitorar nível de lubrificação, monitoramento da pressão por inspeção visual dos manômetros das bombas da caixa de mar, bem como monitorar por megagem a passagem da corrente elétrica além de monitorar também a saída de gases das embarcações periodicamente.

Figura 14 - FMEA dos equipamentos do Casco e Rede

5.9 Casco e Rede		Ponto de Falha			Análise da Falha		
5.9 Casco e Rede	Sistema Hidróforo	Caixas de Mar	Abertura feita no casco abaixo da linha de flutuação, destinada a suprir água do mar para a refrigeração do navio, bombas de incêndio e gerais, etc., e para descarga de água e sistema sanitário do navio.	Bomba de sucção	Aumento de vibração.	Perda de rendimento do bombeamento de água para dentro da embarcação.	Desgaste do rolamento da bomba e/ou mancais.
5.9 Casco e Rede	Sistema Hidróforo	Caixas de Mar	Abertura feita no casco abaixo da linha de flutuação, destinada a suprir água do mar para a refrigeração do navio, bombas de incêndio e gerais, etc., e para descarga de água e sistema sanitário do navio.	Filtro	Redução de desempenho de sucção.	Não atendimento à demanda de refrigeração dos motores.	Obstrução do equipamento pela formação de cracas; obstrução da rede de tubulação por corrosão.
5.9 Casco e Rede	Sistema Hidróforo	Caixas de Mar	Abertura feita no casco abaixo da linha de flutuação, destinada a suprir água do mar para a refrigeração do navio, bombas de incêndio e gerais, etc., e para descarga de água e sistema sanitário do navio.	Suspiro	Redução de desempenho de sucção.	Não atendimento à demanda de refrigeração dos motores.	Obstrução do equipamento pela formação de cracas; obstrução da rede de tubulação por corrosão.
5.9 Casco e Rede	Sistema de Descarga	Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal	Eliminar os gases gerados após a queima dos cilindros/Reduzir a poluição sonora.	Coletor de escape	Entupimento.	Sobrecarga do motor e danos no funcionamento.	Obstrução por excesso de resíduos sólidos.
5.9 Casco e Rede	Sistema de Descarga	Sistema de Descarga de Gases do Motor Principal	Eliminar os gases gerados após a queima dos cilindros/Reduzir a poluição sonora.	Catalisador	Perda de vida útil.	Liberação de gases nocivos ao meio ambiente.	Uso em excesso sem troca; falta de verificação.
5.9 Casco e Rede	Sistema Estrutural	Tanques de Lastro	Dar estabilidade às embarcações durante a navegação.	Estrutura do tanque	Vazamentos.	Pisco à estabilidade e estrutura física da embarcação.	Impactos; pintura desgastada.

5.2 Considerações sobre a proposta de plano de ações preventivas e preditivas para os equipamentos críticos

O plano de ação preventivo/ preditivo é realizado com a finalidade de obtenção do planejamento das manutenções para redução dos índices de manutenções corretivas e dos custos com essas ações, ao tempo que busca aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Nesse sentido, tomando como base as ordens de serviço da empresa estudada, observou-se que, aproximadamente, 85% delas eram de natureza corretiva, fato que ratifica a relevância da realização de um planejamento da manutenção.

Após a classificação da criticidade dos equipamentos e definição dos mais críticos, estabeleceu-se um plano de manutenção preventiva e preditiva para cada componente, contemplando os 246 serviços que devem ser realizados, bem como suas frequências, com base nos manuais dos fabricantes. Assim, a empresa poderá estabelecer uma programação da manutenção para minimizar o alto índice de manutenções corretivas, e conseqüentemente, aumentar o tempo em operação dos equipamentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Internacional Travessias Salvador oferece serviços de travessia no município através de sete embarcações, porém, dentre estas, o Ferry Boat Dorival Caymmi apresenta os maiores índices de manutenções corretivas, o que equivale a 85% dos serviços de manutenções realizados na embarcação.

Como essa elevada taxa implica nos aumentos dos custos operacionais, redução de confiabilidade e atrito entre a relação empresa e cliente, optou-se por realizar o projeto nessa embarcação, sendo o mesmo constituído de três entregáveis: análise da criticidade dos equipamentos, elaboração da matriz FMEA e plano de ação preventivo e preditivo.

No primeiro entregável foram realizadas visitas *in loco* para verificação das condições da embarcação, entrevistas com os funcionários e coleta de dados como as plantas e ordens de serviço, dentre outros. Após essa aferição, iniciou-se a classificação dos equipamentos, sendo eles segregados inicialmente de acordo com as áreas de atuação. Em seguida, cada um foi avaliado de acordo com critérios pré-estabelecidos divididos em três classes (A, B e C), considerando os de classe A como os mais críticos em relação à parada da operação, segurança, meio ambiente e custos, dada a sua relevância.

Posterior a análise de criticidade e determinação dos equipamentos que são principais objetos de estudo do projeto, os de classe A, considerando a sua importância frente aos de demais classes, foi elaborada a matriz FMEA. Através de novas visitas técnicas e entrevistas, além de análise do histórico de solicitações de serviço, foram identificados os principais componentes dos equipamentos e suas respectivas funções, sendo indicados os modos de falha mais comuns, efeitos e causas relacionados. Ainda para este entregável, foram definidos critérios para avaliação de risco, com base nos quais foram atribuídas notas quantitativas para cada modo de falha, resultando em um valor de RPN.

A partir desse valor, foi possível destacar o grau de prioridade a ser dado nas ações de manutenção para cada equipamento, sendo definido um plano de ação preventivo e preditivo dessas máquinas, de acordo com os manuais dos fabricantes, levando em consideração também os estudos realizados nas etapas anteriores, e as condições de execução pela equipe operacional da empresa.

Com base na matriz FMEA elaborada, pode-se perceber que as falhas mais críticas por área são encontradas nos equipamentos abaixo:

1. Sistema de Comunicação: AIS
2. Segurança e Salvatagem: Sistema de Detecção de Incêndio
3. Geração, propulsão e Governo: MCP/MCA
4. Sistemas Auxiliares: Bomba de Transferência de Óleo Diesel
5. Sistemas Elétricos - 440.220: Quadro Elétrico Principal
6. Sistemas Elétricos - 24 VDC: Banco de Baterias
7. Sistema de Carga e Descarga: Motor da Rampa
8. Casco e Rede: Tanque de Lastro e Caixas de Mar

De acordo com os dados obtidos, a empresa conseguirá definir um plano de manutenção, podendo priorizar as ações aos equipamentos citados acima que apresentaram os maiores índices de avaliação de risco por área, o que implica na segurança e operação da empresa. A partir desse planejamento, será possível reduzir os índices elevados de manutenções corretivas e gerir a manutenção de forma mais estratégica e voltada à otimização dos recursos e custos. Além disso, a empresa poderá utilizar as metodologias como base para gestão das demais embarcações e assim, obter uma melhoria na relação com os clientes, no aumento da disponibilidade e confiabilidade dos ativos, além da melhor alocação de custos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5462 - Confiabilidade e manutenibilidade**. 1994. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/eavargas2512/nbr-5462-2>>. Acesso em 03 set. 2020.

AGERBA. **Sistema Ferry Boat**. Disponível em: <<http://www.agerba.ba.gov.br/transporte/hidroviario/ferry-boat>> Acessado dia: 21 de agosto de 2020.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<https://mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 22 de agosto de 2020.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 2006.

BARAN, Leandro Roberto. **Proposta de um modelo multicritério para determinação da criticidade na gestão da manutenção industrial**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BARAN, Leandro Roberto; Trojan Flavio. **Uma revisão e análise comparativa das técnicas para determinar a criticidade dos sistemas e equipamentos em plantas industriais**. Revista Espacios, Vol 37, 2016, p 1. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n08/16370801.html>. Acesso em 21 set 2020

BARBOSA, Raphael Araújo; COSTA, Fernanda Nunes da; FERREIRA, Laura Maria Leite; NUNES, Carlos Eduardo de Carvalho Bacelar; ALVES, Itallo Bruno Santos. **ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO COM AUXÍLIO DO 5S: METODOLOGIA APLICADA EM UMA MICROEMPRESA**. XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13510.pdf>. Acesso em 03 set. 2020.

BASTOS, André Luís Almeida. **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr470324_8144.pdf>. Acesso em 03 set. 2020.

BERNARDES, Luana. **Transporte Fluvial**. Todo Estudo. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/transporte-fluvial>. Acesso em: 21 de agosto de 2020.

BOUÇAS, Isabela de Almeida. **Engenharia de manutenção aplicada a embarcações**. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/docagem-de-embarcacoes>> Acessado dia: 21 de agosto de 2020.

CARNEIRO, Vladinice Clemente de Azevedo. **Manutenção planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas**. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34008>>. Acesso em 10 nov 2020.

Costa, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica Da Manutenção: Uma Oportunidade Para Melhorar O Resultado Operacional.** 2007. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf>. Acesso em 22 de agosto de 2020.

DELLA FONTE, Rafael Lôbo. **Implementação da rotina de engenharia da manutenção aplicada a uma planta de beneficiamento de minério de ferro para a melhoria dos indicadores da manutenção.** 2019. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: <<http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2169>>. Acesso em 21 out. 2020.

FERNANDES, José Márcio Ramos; REBELATO, Marcelo Giroto Rebelato. **Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA.** Gest. Prod. vol.13 no.2 São Carlos May/Aug. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000200007&script=sci_arttext>. Acesso em 23 ago. 2020.

GLOBAL, FM; CONTROL, TSB Loss. **Guia de bolso para inspeção, teste e manutenção de equipamentos de proteção contra incêndio.** Quarta edição. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/19450594-Guia-de-bolso-para-inspecao-teste-e-manutencao-de-equipamentos-de-protecao-contraincendio-quarta-edicao.html>>. Acesso em 02 out 2020.

INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT. **Medidas.** Disponível em: <<http://www.ihl.org/resources/Pages/Measures/RiskPriorityNumberfromFailureModesandEffectsAnalysis.aspx#:~:text=Formula%3A%20The%20Risk%20Priority%20Number,detection%2C%20and%20severity%20of%20impact.>> Acesso em 07 dez 2020

LORENZI, Clarice Inês. **Metodologia integrada para mapeamento de falhas utilizando FMEA e relatório A3 no desenvolvimento de produtos sob encomenda.** 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158830fsc.br>>. Acesso em 05 nov 2020.

MENDES, Ana Paula C; ALBUQUERQUE, Ingridiane C; RODRIGUES, Alysson L. P; LENS, Andres J. L; PINHEIRO, Eduardo M. **Aplicação do FMEA como suporte na manutenção preventiva da máquina pneutorque norbar.** Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/8f18/f605a2ff15c2702389ad02bf169e5f44e2e3.pdf>> Acessado dia: 21 de agosto de 2020.

MURILLO, Fabio Partel. **Aplicação de estudo de confiabilidade de operação de produção de petróleo com embarcação posicionada dinamicamente.** 2014. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-23122014-151020/publico/DISS_FabioPartelMurillo.pdf>. Acesso em 06 nov 2020.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 127 p.

SAMYUNG. **Manual SMR-3700.** Disponível em: <<http://www.samyungenc.com/homepage/eng/main/main.jsp>>. Acesso em 18 out. 2020.

SANTOS, Wesley Modesto. **COMPONENTES CRÍTICOS E MODOS DE FALHA DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA DE COMBATE A INCÊNDIO.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano

MMXVIII, Nº. 000154, 19/12/2018. Disponível em: <<https://semanaacademica.com.br/artigo/componentes-criticos-e-modos-de-falha-de-uma-bomba-centrifuga-de-combate-incendio>>. Acesso em: 05 nov 2020.

SARAIVA, Pedro L. O; MAEHLER, Alisson E. **Transporte Hidroviário: estudo de vantagens e desvantagens em relação a outros modais de transporte no sul do Brasil.** SIMPOI 2013. Disponível em: http://files.adm03nc-logistica.webnode.com/200010149-5763b59534/e2013_t00018_pcn94902.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2020.

SILVA, M. L. S., da Conceição, I. L., & França, W. A. (2014). A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM MOTORES DIESEL. *Exatas & Engenharias*, 3. disponível em: <<https://doi.org/10.25242/885X307201350> > Acesso em 23 nov, 2020

SILVA, Sônia Raposo Costa e; FONSECA, Manuel; BRITO, Jorge de. **METODOLOGIA FMEA E SUA APLICAÇÃO À CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS.** 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Brito5/publication/283644318_Metodologia_FMEA_e_Sua_Aplicacao_a_Construcao_de_Edificios/links/5642371108aebaaea1f8cac4.pdf>. Acesso em 23 ago. 2020.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 747 p.

SMITH, RICKY; HAWKINS, BRUCE. *Lean maintenance : reduce costs, improve quality, and increase market share.* 1ª. ed. Burlington, MA: Elsevier Butterworth–Heinemann, 2004.

SOBRINHO, João Carlos Flügel. **Manutenção x Produtividade: A importância da gestão da manutenção para o aumento da produtividade em uma indústria de manufatura de madeira.** 2012. 57 folhas. Monografia de Especialização em Gestão Industrial – Produção e Manutenção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8268/3/PG_CEGI-PM_VIII_2013_07.pdf>. Acesso em 02 set. 2020.

SOUZA, Rafael Doro. **Análise da Gestão da Manutenção: estudo de caso MRS Logística,** Juiz de Fora (MG). [manuscrito] /Rafael Doro Souza. – Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2008_1_Rafael.pdf>. Acesso em 03 set. 2020

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total: Um modelo adaptado.** 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/158161> . Acesso em: 20 ago. 2020.

APÊNDICE A – FMEA dos Equipamentos Críticos do Dorival Caymmi

		Matriz FMEA											
Responsáveis da Empresa: Yago Fiscina e		Equipe do projeto: Ingrid Santana, Joane Amorim, José Gabriel, Nayra Brum, Robson Nascimento e Tamires Viegas							Data:				
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Avaliação de Risco			Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas	
								Ocorrência	Severidade	Deteção			N.P.R. (S x O x D)
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Aparelho	Não apresentar o sinal da embarcação no radar.	Perda de transmissão de sinal.	Cabeamento com má fixação; desconectado.	5	9	8	405	Realizar semanalmente o aperto das conexões e o processo de <i>reset</i> .	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Transponder AIS	Informações incorretas apresentadas no display / Falha na comunicação.	Impossibilidade de transmissão e recepção de dados e mensagens.	Falha do equipamento; término do ciclo de vida dos componentes internos.	4	7	7	196	Monitorar ao longo da utilização e realizar teste diário antes de iniciar o funcionamento da embarcação.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Display	Display apresentando falhas.	Impossibilidade de visualização das informações das embarcações ao redor.	Sobrecarga elétrica; quebra por impacto.	3	4	6	72	Realizar teste diário antes de início de funcionamento da embarcação; aplicar película protetora no <i>display</i> .	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS e do sistema de proteção de sobrecargas elétrica.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na	Microfone de punho	Ruído excessivo.	Não transmissão da informação.	Cabo danificado.	4	3	7	84	Armazenamento adequado do componente; treinamento semestral para o operador que irá utilizar.	Inspeção visual quinzenal do cabo.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na	Unidade de transceptor	Não reprodução do áudio.	Perda da comunicação com as embarcações próximas e não atendimento à NORMAM 02.	Conectores danificados.	2	7	8	112	Verificar visualmente dos conectores semanalmente.	Verificar diariamente se há algum tipo de ruído ou alteração da transmissão da informação.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na	Alto-falante	Ruído Excessivo; não emite som.	Parada total ou parcial do componente.	Bobina descolada da membrana; bobina queimada; fadiga mecânica; cordoalha queimada; bobina queimada com espiras soltas no GAP.	3	5	9	135	Limpeza do componente a cada trimestre.	Inspeção visual quinzenal do altofalante.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na	Visor	Display quebrado.	Falha na chegada de informação para o comandante ou marítimo da embarcação.	Navegação insegura; risco de colisão; embarcação sem contato VHF.	3	10	8	240	Limpeza diária do componente para evitar impurezas; verificar se a tensão está chegando corretamente.	Inspeção visual quinzenal do visor.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação e Navegação	Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Unidade de scanner	Atenuação ou reflexo de onda elétrica que faz com que não faça varredura.	Diminuição do desempenho do radar.	Superfície contaminada com poeira, água salgada, etc.	5	9	6	270	Limpar semanalmente com um pano com álcool; verificar mensalmente se os parafusos estão apertados.	Inspeção visual diária registrada através de imagens para acompanhar o desenvolvimento de falhas por conta de corrosão, excesso de sujeira e ressecamento, além de limpeza externa.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação e Navegação	Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Unidade de exibição	Mancha na tela.	Deterioração da transparência da tela LCD.	Superfície contaminada com poeira, água salgada, etc.	4	9	3	108	Limpar semanalmente com pano macio (100% algodão) e usar agente antiestático.	Inspeção visual diária do estado do componente.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação e Navegação	Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Cabos	Display apagado.	Parada no funcionamento do Radar e desconexão do piloto com as demais embarcações.	Degradação dos componentes dos cabos.	4	8	4	128	Limpeza semanal dos terminais.	Verificar quinzenalmente os parâmetros de transmissão e do sistema de proteção de sobrecargas elétrica.

5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco			Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas	
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção			N.P.R. (S x O x D)
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Aparelho	Não apresentar o sinal da embarcação no radar.	Perda de transmissão de sinal.	Cabeamento com má fixação; desconectado.	5	3	3	405	Realizar semanalmente o aperto das conexões e o processo de <i>reset</i> .	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Transponder AIS	Informações incorretas apresentadas no display / Falha na comunicação.	Impossibilidade de transmissão e recepção de dados e mensagens.	Falha do equipamento; término do ciclo de vida dos componentes internos.	4	7	7	196	Monitorar ao longo da utilização e realizar teste diário antes de iniciar o funcionamento da embarcação.	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação	AIS (Automatic Identification System)	Permitir que navios e estações costeiras localizem e identifiquem uns aos outros com precisão.	Display	Display apresentando falhas.	Impossibilidade de visualização das informações das embarcações ao redor.	Sobrecarga elétrica; quebra por impacto.	3	4	6	72	Realizar teste diário antes de início de funcionamento da embarcação; aplicar película protetora no <i>display</i> .	Verificar diariamente parâmetros de transmissão através do uso de software ProAIS e do sistema de proteção de sobrecarga elétrica.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Microfone de punho	Ruído excessivo.	Não transmissão da informação.	Cabo danificado.	4	3	7	84	Armazenamento adequado do componente; treinamento semestral para o operador que irá utilizar.	Inspecção visual quinzenal do cabo.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Unidade de transceptor	Não reprodução do áudio.	Perda da comunicação com as embarcações próximas e não atendimento à NORMAM 02.	Conectores danificados.	2	7	8	112	Verificar visualmente dos conectores semanalmente.	Verificar diariamente se há algum tipo de ruído ou alteração da transmissão da informação.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Alto-falante	Ruído Excessivo; não emite som.	Parada total ou parcial do componente.	Bobina descolada da membrana; bobina queimada; fadiga mecânica; cordoalha queimada; bobina queimada com espiras soltas no GAP.	3	5	9	135	Limpeza do componente a cada trimestre.	Inspecção visual quinzenal do autofalante.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Equipamentos de GMDSS (Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima)	VHF Rádio	Comunicar de forma bidirecional transferindo e recebendo mensagens. É muito útil quando se trata de enviar sinais de socorro pelos canais para a guarda costeira e outros navios e barcos na periferia.	Visor	Display quebrado.	Falha na chegada de informação para o comandante ou marítimo da embarcação.	Navegação insegura; risco de colisão; embarcação sem contato VHF.	3	10	8	240	Limpeza diária do componente para evitar impurezas; verificar se a tensão está chegando corretamente.	Inspecção visual quinzenal do visor.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação e Navegação	Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Unidade de scanner	Atenuação ou reflexo de ondas elétricas que faz com que não faça varredura.	Diminuição do desempenho do radar.	Superfície contaminada com poeira, água salgada, etc.	5	3	6	270	Limpar semanalmente com um pano com álcool; verificar mensalmente se os parafusos estão apertados.	Inspecção visual diária registrada através de imagens para acompanhar o desenvolvimento de falhas por conta de corrosão, excesso de sujeira e ressecamento, além de limpeza externa.
5.1 Sistemas de Comunicação e Navegação	Sistema de Comunicação e Navegação	Radar	Localizar objetos a determinadas distâncias.	Unidade de exibição	Mancha na tela.	Deterioração da transparência da tela LCD.	Superfície contaminada com poeira, água salgada, etc.	4	3	3	108	Limpar semanalmente com pano macio (100% algodão) e usar agente antiestático.	Inspecção visual diária do estado do componente.

5.2 Segurança e Salvatagem		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	N.P.R. (S x O x D)		
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Mau contato/funcionamento parcial.	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Falha nas conexões elétricas; desgaste do material.	1	8	3	24	Inspeção anual, ajustando as conexões quando necessário e substituindo subcomponentes.	Testar quinzenalmente as conexões.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Redução da velocidade de operação do equipamento.	Redução da capacidade de operação do equipamento; atraso no combate a incêndios.	Falha nas conexões elétricas; desgaste do material; queima de um ou mais subcomponentes.	1	7	5	35	Inspeção e teste de funcionamento semanais.	Fazer semanalmente um check list dos subcomponentes.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Sistema elétrico	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Não atendimento às normas de segurança previstas na NORMAM 02.	Sobrecarga; curto-circuito; pico de tensão.	1	7	3	21	Inspeção e teste de funcionamento semanais.	Verificar semanalmente a carga utilizada na fonte de alimentação.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Ruído ou vibração incomum.	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Baixa lubrificação; folga do eixo; desalinhamento.	4	7	2	56	Inspeccionar o equipamento anualmente; realizar lubrificação; verificar encaixes no componente e alinhamento.	Realizar lubrificação trimestral.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Componente inoperante ou com velocidade reduzida.	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Baixo nível do tanque de sucção, filtro obstruído, válvula bloqueada, que gera sobrecarga.	4	7	2	56	Testar e inspecionar componentes semanalmente.	Testar e inspecionar componentes semanalmente.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Superaquecimento.	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Problema elétrico.	4	7	2	56	Inspeccionar semanalmente a instalação de acordo com instruções do fabricante.	Monitorar semanalmente o fluxo de passagem de corrente elétrica por megaohm.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Motor	Vazamento de óleo.	Equipamento com parada ou redução de sua capacidade de operação.	Desgaste do material ou falha nas conexões.	4	7	2	56	Verificar semanalmente o nível de óleo e se não há desgaste do material ou folgas nas conexões.	Verificar semanalmente o nível de óleo.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Controlador	Alarme operando incorretamente ou inoperante.	Sinalização incorreta ou inexistente.	Problema elétrico; mal contato.	1	7	3	21	Inspeccionar semanalmente.	Verificar a todo o momento o alarme do controlador.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Controlador	Falha na alimentação de energia.	Interrupção parcial ou total da funcionalidade do equipamento.	Problema na conexão com a fonte ou falha da mesma.	3	7	3	63	Inspeccionar semanalmente as conexões com a fonte de energia, bem como o estado de funcionamento desta.	Inspeccionar semanalmente as conexões com a fonte de energia, bem como o estado de funcionamento desta.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Tubulações	Obstrução.	Fluxo de água interrompido.	Excesso de impurezas.	5	8	3	120	Inspeccionar e limpar mensalmente os filtros dos reservatórios interligados.	Verificar quinzenalmente o fluxo da água.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Tubulações	Vazamento.	Redução parcial ou total da vazão de água.	Desgaste do material; conexões folgadas.	5	7	3	105	Verificar semanalmente se não há desgaste do material ou folgas nas conexões.	Checar semanalmente se há folgas nas conexões.
5.2 Segurança e Salvatagem	Sistema de Detecção de Incêndio	Bomba de Incêndio (elétrica)	Pressurização da rede hidráulica para combate a incêndios.	Válvulas	Vazamento.	Redução parcial ou total da vazão de água.	Desgaste do material; conexões folgadas.	5	7	3	105	Verificar semanalmente se as válvulas estão abertas; se não há folgas ou desgaste do material. O acesso ao equipamento deve ser restrito e as válvulas devem ser trancadas.	Verificar semanalmente se estão abertas.

5.4 Sistemas Auxiliares		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	N.P.R. (S x O x D)	Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Bomba com motor elétrico	Vazamento.	Interrupção parcial ou total da funcionalidade do equipamento.	Falta de energia elétrica; rotor interferido; lacre danificado.	5	5	4	100	Inspeção mensal das conexões elétricas e dos componentes de rotação.	Análise mensal de vibração para detectar variações no funcionamento do componente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Bomba com motor elétrico	Fase invertida.	Redução da velocidade de transferência.	Baixa voltagem elétrica, filtro obstruído, nível baixo no tanque de sucção, válvula by-pass bloqueada ou baixa velocidade de rotação.	4	8	5	160	Inspeção mensal da voltagem da bomba; limpar mensalmente válvula e filtro.	Análise mensal de vibração mensal para detectar variações no funcionamento do componente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Bomba com motor elétrico	Superaquecimento.	Interrupção parcial ou total da funcionalidade do equipamento.	Baixo nível do líquido de arrefecimento, baixo nível de óleo, defeito no termostato e/ou problema elétrico.	4	8	4	128	Inspeccionar mensalmente da instalação e nível de óleo de acordo com instruções do fabricante.	Monitorar o fluxo de passagem de corrente elétrica por megagem e monitorar fluxo de óleo a cada 2 meses.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Mangueira	Vazamento de óleo.	Perda de óleo durante a transferência.	Desgaste do material ou juntas da mangueira folgadas.	5	5	4	100	Inspeccionar mensalmente para verificar se as juntas da mangueira não estão afrouxadas e/ou desgastadas.	Inspeção visual mensal para acompanhamento das falhas.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Mangueira	Obstrução.	Fluxo do óleo interrompido.	Excesso de impurezas.	5	6	7	210	Inspeccionar mensalmente.	Inspeção visual mensal para acompanhamento das falhas.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Auxiliar	Bomba de Transferência de Óleo Diesel	Transferir óleo do tanque de serviço para o tanque de armazenamento.	Medidor de pressão	Falha na leitura da vazão.	Medição incorreta da vazão no sistema.	Instalação incorreta do medidor; ausência de calibração.	5	7	5	175	Calibração mensal do medidor.	Inspeção visual mensal para acompanhamento das falhas.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Sêptico	Rede de Sêptico	Rede de coleta e separação do esgoto da embarcação.	Bomba de sêptico	Mal funcionamento.	Falha no transporte dos dejetos.	Falha elétrica/mecânica.	3	6	7	126	Inspeção periódica, mediante as especificações do fabricante da bomba, para verificar o estado de funcionamento da mesma.	Monitoramento através de inspeção mecânica quinzenal com o objetivo de atestar o funcionamento correto da bomba.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Sêptico	Rede de Sêptico	Rede de coleta e separação do esgoto da embarcação.	Bomba de sêptico	Superaquecimento.	Falha no transporte dos dejetos.	Falha elétrica ou por entrada de ar no sistema.	3	6	7	126	Inspeccionar a instalação de acordo com as instruções do fabricante.	Monitorar semanalmente o fluxo de passagem de corrente elétrica por megagem.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Sêptico	Rede de Sêptico	Rede de coleta e separação do esgoto da embarcação.	Tanque sêptico	Vazamento.	Dejeto sanitário na embarcação ou no mar.	Desgaste ou impacto excessivo da chapa.	2	5	7	70	Inspeção nos canais sêpticos da embarcação para avaliar possível rejeição dos dejetos depositados.	Inspeção visual e monitoramento da situação das tubulações da embarcação mensalmente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Sêptico	Rede de Sêptico	Rede de coleta e separação do esgoto da embarcação.	Tubulação	Entupimento.	Comprometimento da tubulação da embarcação.	Dejetos presos na tubulação ou descarte incorreto.	5	8	4	160	Limpeza periódica da rede sêptica.	Monitoramento visual e limpeza dos filtros do sistema semanalmente.
5.4 Sistemas Auxiliares	Sistema Hidróforo	Tanque Hidróforo	Armazenar a água a ser distribuída para acomodações e serviços de bordo, mantendo sob pressão a rede de distribuição.	Válvulas	Vazamentos.	Pressão interna do tanque inadequada; alteração no nível de água reservada; interrupção ou redução do abastecimento.	Desgaste do material ou conexões folgadas.	3	6	3	54	Verificar semanalmente as condições materiais do componente e se não há folgas nas conexões.	Verificar semanalmente o nível do tanque.

5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco			Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas	
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	N.P.R. (S x O x D)		
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema de Navegação	Luzes de Navegação	Iluminar o local e transmitir informações para as outras embarcações.	Luminária de topo de mastro	Estágio sem acender.	Não sinalizar que o ferry está fundeado.	Mal contato da lâmpada com o soquete.	6	6	4	144	Ajustar os parafusos que fixam os cabos elétricos e/ou carbonização das pontas dos cabos; realizar inspeção dos equipamentos a cada 3 meses.	Inspeção visual diária.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema de Navegação	Luzes de Navegação	Iluminar o local e transmitir informações para as outras embarcações.	Luz verde, visível pelo boreste; vermelha, visível pelo bombordo e branca (alcançado) visível pela popa.	Luz de navegação queimada ou inoperante.	Emissão de informação incorreta para as embarcações ao redor.	O equipamento atingiu o limite de vida útil especificada pelo fabricante.	6	8	4	192	Trocar ou substituir a lâmpada imediatamente; assegurar a existência de um backup das lâmpadas.	Inspeção visual diária.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Disjuntor	Disjuntor não desarmar; queima do disjuntor.	Sobrecarga do sistema.	Curto-circuitos; queima de aparelhos e até incêndios.	7	5	7	245	Inspeção semanal dos componentes.	Verificar semanalmente a carga utilizada na fonte de alimentação.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	Queima ou parada total	Propagação de corrente elétrica para o sistema ou pessoas que esteja em contato com o circuito.	Fio terra desconectado impedindo a fuga da energia.	5	5	7	175	Inspeção visual mensal.	Verificar semanalmente se o cabo terra está devidamente conectado.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	Queima ou parada total	Queima do resistor elétrico.	Pico de tensão.	5	5	7	175	Verificar <i>in loco</i> o estado do resistor elétrico semanalmente.	Verificar semanalmente a carga que está chegando no componente.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Bornes (Trilho DIN)	Fixação inadequada.	Equipamentos fixados nele ficam soltos.	Instalação incorreta.	4	5	7	140	Verificação visual semanal do componente.	Verificar <i>in loco</i> o grau de fixação mensal.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Cabos	Não transmissão da energia para os circuitos.	Fuga de tensão; risco de choque elétrico.	Mal manuseio; mal armazenamento; falta de manutenção; rompimento parcial e/ou total.	6	7	8	336	Verificação quinzenal do componente com sinalização adequada e isolamento do local.	Verificar quinzenalmente se os cabos estão nos seus devidos lugares.
5.5 Sistema Elétrico - 440/220 VCA	Sistema Elétrico	GEP (Quadro Elétrico Principal - 440/220VAC)	Redistribuir a energia recebida da companhia fornecedora para os circuitos da sua embarcação.	Barramentos	Defeito nos conectores.	Não recebem o neutro da rede e o aterramento da instalação.	Parafuso do conector luido.	6	7	7	294	Lubrificar parafuso mensal.	Verificar quinzenalmente a fixação do parafuso.

5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco			Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas	
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção			N.P.R. (S x O x D)
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPs e GMDSS)	Suprir a embarcação com demanda energética em caso de pane do sistema elétrico ou emergência e alimentar os componentes eletrônicos de navegação.	Bateria	Equipamento não funciona.	Impossibilidade da embarcação navegar.	Bateria descarregada.	6	3	5	270	Inspeção semanal, lubrificação dos terminais e abastecimento com água desmineralizada.	Inspeção visual diária do indicador de tensão.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPs e GMDSS)	Suprir a embarcação com demanda energética em caso de pane do sistema elétrico ou emergência e alimentar os componentes eletrônicos de navegação.	Eletrólito	Vazamento de fluido das baterias.	Diminuição da capacidade de armazenamento de energia.	Excesso de tensão/corrente.	4	4	2	32	Inspeção semanal, lubrificação dos terminais e abastecimento com água desmineralizada.	Monitoramento da tensão e realização de teste de descarga mensalmente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPs e GMDSS)	Suprir a embarcação com demanda energética em caso de pane do sistema elétrico ou emergência e alimentar os componentes eletrônicos de navegação.	Células	Bateria estufada.	Parada do equipamento.	Componentes internos gerando interferências; excesso de tensão/corrente.	2	7	4	56	Inspeção semanal, lubrificação dos terminais e abastecimento com água desmineralizada.	Monitoramento da tensão e realização de teste de descarga mensalmente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPs e GMDSS)	Suprir a embarcação com demanda energética em caso de pane do sistema elétrico ou emergência e alimentar os componentes eletrônicos de navegação.	Conexões	Deformação dos bornes.	Bateria com baixa condução de energia.	Quebra das soldas de conexões nos processos de carga e descarga.	4	8	5	160	Realizar quinzenalmente testes de ciclagem para verificação das conexões.	Monitoramento da tensão e realização de teste de descarga mensalmente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema Elétrico	Banco de Baterias 24VDC (Partidas dos MCAS, MCPs e GMDSS)	Suprir a embarcação com demanda energética em caso de pane do sistema elétrico ou emergência e alimentar os componentes eletrônicos de navegação.	Placas	Superaquecimento.	Diminuição da capacidade de armazenamento e condução de energia.	Formação de cristais de sulfato de chumbo nas placas.	5	5	2	50	Realizar quinzenalmente medições periódicas das cargas.	Monitoramento da tensão e realização de teste de descarga mensalmente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema de Segurança	Luzes de Emergência	Guiar e iluminar o local em caso de falta de energia, incêndios e tempestades.	Lâmpada	Uma ou mais lâmpadas sem funcionar.	Não guiar os tripulantes para a saída em caso de emergência ou falta de energia.	O equipamento atingiu o limite da vida útil especificada pelo fabricante.	5	4	4	80	Substituir as lâmpadas que apresentam falha ou estão próximas ao limite de vida útil; manter estoque mínimo de luzes reservas para substituição.	Inspeção visual diária; a cada 2 meses simular a queda de energia, verificar se todas as luzes estão acessas e deixar a bateria descarregar completamente, em seguida deve carregar o equipamento novamente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema de Segurança	Luzes de Emergência	Guiar e iluminar o local em caso de falta de energia, incêndios e tempestades.	Lâmpada	Indicação no painel de luzes de navegação.	Não acender com a interrupção da energia central; não atendimento à NORMAM 02.	Desgaste dos terminais de transmissão da rede elétrica.	5	4	4	80	Inspeção mensal do isolamento dos terminais de transmissão da rede elétrica e da integridade do cabeamento.	Inspeção visual diária do estado do componente.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema de Navegação	Painel de Luzes de Navegação	Painel utilizado para informar ao comandante o estado dos componentes da embarcação e auxiliá-lo na navegação.	Mesa de comando	Não execução dos comandos acionados.	Mau funcionamento das ações do painel.	Curto-circuito no cabeamento do painel.	5	7	4	140	Realizar inspeções periódicas dos cabeamentos; evitar contato com líquidos.	Realizar semanalmente inspeção visual dos cabos de conexão do painel.
5.6 Sistema Elétrico - 24 VDC	Sistema de Navegação	Painel de Luzes de Navegação	Painel utilizado para informar ao comandante o estado dos componentes da embarcação e auxiliá-lo na navegação.	Lâmpadas	Não acender.	Falha na sinalização dos botões.	Queima no filamento da lâmpada.	4	5	5	100	Monitorar vida útil do material.	Monitorar a cada 3 meses o tempo de uso das lâmpadas do painel.

5.7 Sistema de Ar Condicionado		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco			Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas		
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção			N.P.R. (S x O x D)	
Durante a análise de criticidade dos equipamentos que compõem o sistema de ar condicionado não foram identificados itens de classe A.														

5.8 Sistema de Carga e Descarga		Ponto de Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
Índice das Áreas	Sistema que Abrange	Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	N.P.R. (S x O x D)	Ações Preventivas Recomendadas	Ações Preditivas Recomendadas
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Pistões	Trepidações e vibrações excessivas.	Obstrução dos pistões.	Desalinhamento do eixo principal.	7	7	5	245	Realizar mensalmente análise de vibrações.	Realizar medição de vibração periodicamente.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Válvula	Obstrução.	Aumento de pressão.	Falha mecânica; alta temperatura.	5	7	6	210	Inspeccionar trimestral do funcionamento.	Realizar medição de vibração periodicamente.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Reservatório de óleo	Vazamentos aparentes no reservatório e nos demais componentes do sistema.	Perda de óleo hidráulico e redução da capacidade de carga.	Ferrugem da superfície e formação de pites.	4	4	5	80	Tratamento mecânico e pintura da superfície na manutenção preventiva.	Análise e monitoramento do nível de óleo periodicamente.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Motor elétrico	Vibrações e trepidações excessivas.	Desarme; interrupção do motor.	Falha no ajuste; desalinhamento.	6	5	4	120	Inspeccionar folgas; realizar o alinhamento das engrenagens a cada 2 meses.	Realizar periodicamente análise de sinal da corrente.
5.8 Sistema de Carga e Descarga	Sistema Hidráulico	Motor da Rampa - Unidade Hidráulica	Movimentar as rampas de acesso ao Ferry boat.	Bomba	Vazamentos aparentes e perda de pressão.	Contaminação e perda de lubrificação.	Dano na estrutura.	5	8	5	200	Realizar inspeções quinzenais.	Realizar periodicamente medição de vibração.