

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE-FURG
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**USO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) PARA ELEVAÇÃO DA
DISPONIBILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PESQUISA E ENSINO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRUNO DA ROLD ZANIOL

RIO GRANDE, RS

2021

BRUNO DA ROLD ZANIOL

**USO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) PARA ELEVAÇÃO DA
DISPONIBILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PESQUISA E ENSINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Rio Grande, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Oberdan Carrasco Nogueira

RIO GRANDE, RS

2021

Ficha Catalográfica

Z31u Zaniol, Bruno da Rold.
 Uso da manutenção produtiva total (TPM) para elevação da
 disponibilidade de embarcações de pesquisa e ensino / Bruno da Rold
 Zaniol. – 2021.
 81f.

 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
 FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,
 Rio Grande/RS, 2021.
 Orientador: Dr. Leonardo de Carvalho Gomes.
 Coorientador: Dr. Oberdan Carrasco Nogueira.

 1. Manutenção Produtiva Total 2. Embarcações Científicas
 3. Disponibilidade I. Gomes, Leonardo de Carvalho II. Nogueira,
 Oberdan Carrasco III. Título.

CDU 621

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
ESCOLA DE ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
PPMec

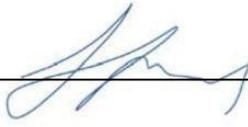
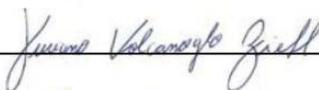


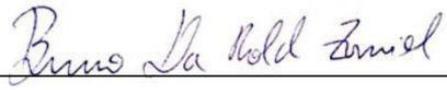
Ata nº **07/2021** da Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Aos dezesseis dias do mês de setembro de dois mil e vinte e um, foi instalada a Banca de Defesa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, às quatorze horas, online via zoom, a que se submeteu o mestrando **Bruno Da Rold Zaniol**, nacionalidade brasileira, dissertação ligada a Linha de Pesquisa simulação e controle de processos de fabricação, com o seguinte título: **USO Da MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) PARA ELEVAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE EMBARCAÇÕES DE PESQUISA E ENSINO**. Referendado pela Câmara Assessora do Curso, os seguintes Professores Doutores: Leonardo De Carvalho Gomes, Luciano Volcanoglo Biehl, José Luis Duarte Ribeiro e Oberdan Carrasco Nogueira. Analisando o trabalho, os Professores da Banca Examinadora o consideraram:

1. Leonardo De Carvalho Gomes: _____ APROVADO
2. Luciano Volcanoglo Biehl: _____ APROVADO
3. José Luis Duarte Ribeiro: _____ APROVADO
4. Oberdan Carrasco Nogueira: _____ APROVADO

Foi concedido um prazo de 30 dias para a candidata efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora (anexo) e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. A ata foi lavrada e vai assinada pelos membros da Comissão.

Assinaturas:

1. _____ 
CPF: 588.566.9350-04
2. _____ 
CPF: 575.195.100-00
3. _____ 
CPF: 383.000.010-34
4. _____ 
CPF: 954.089.750-04

BRUNO DA ROLD ZANIOL: _____ 

RESUMO

Embarcações científicas possuem conjuntos complexos que necessitam de manutenções específicas e periódicas, como é o caso de sistemas de propulsão, auxiliares e de coleta de dados e amostras. Esses sistemas, quando inoperantes, comprometem a segurança e acarretam em atrasos e prejuízos aos projetos de ensino e pesquisa. A ausência de políticas estruturadas para a gestão da manutenção de ativos tem como consequência direta a redução da disponibilidade. Assim sendo, objetiva-se a implementação de Manutenção Produtiva Total (TPM), para elevação da disponibilidade de embarcações de pesquisa e ensino. O trabalho possui abordagem qualitativa e natureza aplicada, sendo o método científico definido como pesquisa-ação, mediante a realização de pesquisas na literatura e de campo, bem como na aplicação da metodologia adotada para a implementação do TPM. O objeto de estudo é a frota de embarcações da Universidade Federal do Rio Grande, composta pelo Navio Oceanográfico Atlântico Sul, pelo Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I e pela Lancha de Pesquisa Larus. A aceitação do programa e sua filosofia pela alta gerência e pelos tripulantes e manutentores soma-se aos esforços do Departamento de Engenharia de Manutenção (equipe técnica formada por engenheiros e estagiários da FURG) para a estruturação dos pilares fundamentais do TPM. A partir da implementação do TPM, através do *framework* desenvolvido, a disponibilidade da frota evoluiu de 30% em dezembro de 2018 (início do programa) para 92% em dezembro de 2020. Como consequência direta, foram minimizados os atrasos na realização dos trabalhos embarcados e reduzidos os custos não-previstos. Foi possível, também, nesta pesquisa, identificar os principais fatores de sucesso na implementação do TPM. Os ganhos citados evidenciam que o TPM é um sistema de gestão consolidado, não somente para processos produtivos industriais, sendo adaptável para a manutenção de frotas de pesquisa e ensino, e com potencial de aplicação para outras classes de embarcações.

Palavras-chave: Manutenção produtiva total, embarcações científicas e disponibilidade.

ABSTRACT

Scientific vessels have complex sets that require specific and periodic maintenance, such as propulsion, auxiliary and data and sample collection systems. These systems, when inoperative, compromise safety and lead to delays and damage to teaching and research projects. The lack of structured policies for managing asset maintenance has the direct consequence of reducing availability. Therefore, the objective is the implementation of Total Productive Maintenance (TPM), to increase the availability of research and teaching vessels. The work has a qualitative approach and an applied nature, and the scientific method is defined as action research, by conducting research in the literature and in the field, as well as applying the methodology adopted for the implementation of the TPM. The object of study is the fleet of vessels from the Federal University of Rio Grande, composed of the Oceanographic Ship Atlântico Sul, the Laboratory of Floating Education Ciências do Mar I and the Research Boat Larus. The acceptance of the program and its philosophy, from top management to crew and maintenance, adds to the efforts of the Maintenance Engineering Department (technical team formed by engineers and interns from FURG) to structure the fundamental pillars of the TPM. From the implementation of the TPM, through the framework developed, fleet availability went from 30% in December 2018 (start of the program) to 92% in December 2020. As a direct consequence, delays in carrying out on-board work and reduced unforeseen costs. It was also possible, in this research, to identify the main success factors in the implementation of TPM. The gains mentioned show that the TPM is a consolidated management system, not only for industrial production processes, being adaptable for the maintenance of research and teaching fleets, and with potential application for other classes of vessels.

Keywords: Total productive maintenance, scientific vessels and availability.

Dedico este trabalho à minha família que sempre esteve ao meu lado me dando suporte, em especial ao longo desses quase 8 anos de FURG.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Irno Zaniol e Mônica Cristina Da Rold que sempre apoiaram minhas escolhas, e nunca mediram esforços para fornecer as condições para que eu pudesse ir para a FURG em 2014 e permanecer até o final do mestrado.

Aos meus familiares, especialmente meus irmãos Lucas Da Rold Zaniol e Guilherme Zaniol, minhas avós Denise Berto Da Rold e Hilda Pezzi Zaniol e minha prima Glória Zaniol, por serem parte da minha pessoa e por me motivarem sempre na busca de meus sonhos.

A Nicole Tadiello Silveira, minha parceira para a vida, que me incentiva diariamente a entregar o melhor de mim, que sempre está ao meu lado, compartilhando momentos de dificuldade, de sucesso e de alegria.

À FURG por me acolher e possibilitar meu crescimento pessoal e profissional, em especial às pessoas que elevam o nome da Universidade, professores, servidores e colegas.

À Escola de Engenharia e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, por auxiliarem ao máximo na jornada de seus acadêmicos, sendo referências na FURG e motivo de orgulho a todos que passaram e passam por suas salas de aulas e corredores.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Gomes, pelos ensinamentos e direcionamentos ao longo de todo o programa, em especial no desenvolvimento da presente pesquisa.

Ao Prof. Dr. Oberdan Carrasco Nogueira, mestre, amigo e parceiro em todas as situações, a quem tenho profunda admiração e respeito, serei sempre grato pelas oportunidades e conselhos.

À Estação de Apoio Antártico, à Coordenação da Frota da FURG e todos colaboradores e estagiários, em especial ao Jairo Fernando de Lima Coelho, a quem considero e admiro, ex-chefe, mas eterno amigo.

Aos tripulantes das embarcações da FURG, em especial aos Comandantes Rafael e Onildo e aos Chefes de Máquinas Cláudio, Marcelo, Sandro, Anastácio e Jessé, pela experiência compartilhada, pelo companheirismo e pela dedicação em prol de nossa Universidade.

À KRios Turbo Tecnodiesel e todos seus colaboradores, em especial ao Jorge Kwecko Rios e ao Carlos Machado Rios, pela confiança e parceria estabelecida, prezando sempre pela melhoria contínua da manutenção da Frota.

Aos demais colegas, meus amigos e grandes profissionais, que dividiram momentos, problemas e soluções comigo, em especial ao Igor Castello e ao Lucas Camargo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pilares do TPM.....	24
Figura 2 - Etapas da Pesquisa.....	28
Figura 3 - Navio Oceanográfico Atlântico Sul.....	34
Figura 4 - Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I.....	35
Figura 5 - Lancha de Pesquisa Larus.....	36
Figura 6 - Cenário Inicial da Manutenção - 03/2018.....	38
Figura 7 - <i>Framework</i> projetado para a Manutenção.....	40
Figura 8 - Cronograma Geral.....	42
Figura 9 - SIGMAN: Árvore de Equipamentos.....	44
Figura 10 - SIGMAN: Aprovação de Ordens de Serviço.....	45
Figura 11 - Fluxograma de Implementação de melhorias.....	47
Figura 12 - Fluxo de Controle Inicial de equipamentos.....	50
Figura 13 - Etiquetas de Anomalias.....	54
Figura 14 - Fluxograma de Análise de Falhas.....	56
Figura 15 - Análise termográfica e videoscopia - MCP MWM TD 440-8.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores que influenciam a falha do TPM.....	22
Quadro 2 - Metodologia Clássica de Implementação do TPM.....	25
Quadro 3 - Metodologia de Implementação Adotada.....	31
Quadro 4 - Principais anomalias constatadas.....	37
Quadro 5 - Diretrizes e metas do Programa.....	43
Quadro 6 - Capacitação de Colaboradores.....	46
Quadro 7 - Controle Inicial: Compressor de ar.....	50
Quadro 8 - Orientações para coleta.....	52
Quadro 9 - Checklist de Inspeção - MCP MWM TD 440-8.....	53
Quadro 10 - Plano de Manutenção - MCP SCANIA DI13 - LEF-CMI.....	55
Quadro 11 - Equipamentos monitorados pela análise de lubrificantes usados.....	58
Quadro 12 - Ensaio para cada grupo de equipamentos.....	58
Quadro 13 - Cronograma e marcos de paradas.....	60
Quadro 14 - Pilares, metas e seus <i>status</i> finais.....	61
Quadro 15 - Comparativo entre cenários.....	64
Quadro 16 - Frases ditas por colaboradores.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade NOc-AS.....	62
Tabela 2 - Disponibilidade LPL.....	62
Tabela 3 - Disponibilidade LEF-CMI.....	62
Tabela 4 - Disponibilidade Frota FURG.....	62
Tabela 5 - Estimativa de valores não movimentados.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TPM - Manutenção Produtiva Total

FURG - Universidade Federal do Rio Grande

NOc-AS - Navio Oceanográfico Atlântico Sul

LEF-CMI - Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I

LPL - Lancha de Pesquisa Larus

DEM - Departamento de Engenharia de Manutenção

ESANTAR - Estação de Apoio Antártico

MCP - Motor de Combustão Principal

MCA - Motor de Combustão Auxiliar

CR - Caixa Reversora

CH - Central Hidráulica

BB - Bombordo

BE - Boreste

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivos.....	16
1.1.1. Objetivo Geral.....	16
1.1.2. Objetivos Específicos.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. Conceitos e Estratégias de Manutenção.....	17
2.2. Técnicas Preditivas.....	19
2.3. Manutenção Produtiva Total (TPM).....	21
2.3.1. Eliminação de Perdas.....	23
2.3.2. Pilares do TPM.....	23
2.3.3. Etapas de Implantação.....	25
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. Caracterização da Pesquisa.....	27
3.1.1. Objeto de Estudo.....	27
3.2. Etapas da Pesquisa.....	28
3.2.1. Pesquisa na Literatura.....	29
3.2.2. Pesquisa de Campo.....	29
3.2.3. Avaliação do Cenário Inicial.....	30
3.2.4. <i>Framework</i> Projetado para o TPM.....	30
3.2.5. Implementação da Manutenção Produtiva Total.....	30
4. RESULTADOS.....	32
4.1. Coordenação da Frota - FURG.....	32
4.1.1. Embarcações pertencentes.....	33
4.2. Avaliação do Cenário Inicial.....	36
4.3. <i>Framework</i> projetado para o TPM.....	39
4.4. Implementação da Manutenção Produtiva Total.....	41
4.4.1. Preparação para TPM.....	41
4.4.1.1. Campanha de lançamento.....	41
4.4.1.2. Organização para implantação.....	42
4.4.1.3. Diretrizes e Metas.....	43
4.4.1.4. Uso do <i>software</i> de gestão da manutenção.....	44

4.4.1.5.	Capacitação dos colaboradores.....	45
4.4.2.	Introdução ao TPM.....	47
4.4.2.1.	Início das atividades de melhorias dos equipamentos.....	48
4.4.3.	Implantação do TPM.....	49
4.4.3.1.	Controle das intervenções e estoques de reposição.....	49
4.4.3.2.	Manutenção Autônoma.....	51
4.4.3.3.	Manutenção Planejada.....	54
4.4.4.	Consolidação do Programa.....	60
5.	DISCUSSÃO.....	64
5.1.	Manutenção Planejada.....	65
5.2.	Manutenção Autônoma.....	66
5.3.	Melhoria Específica.....	67
5.4.	Controle Inicial.....	67
5.5.	Educação, Treinamento e Segurança.....	68
5.6.	Fatores de Sucesso.....	69
6.	CONCLUSÃO.....	71
7.	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
	REFERÊNCIAS POR ESTRATO.....	78
	REFERÊNCIAS POR QUALIS.....	78
	REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS.....	79
	APÊNDICES	

Apêndice A - Formulário padrão para sugestão de melhorias

1. INTRODUÇÃO

Embarcações são dotadas de sistemas complexos, sejam eles de propulsão, de geração de energia ou hidráulicos, caracterizam-se por demandar processos específicos de manutenção, que vão desde trocas periódicas de óleo lubrificante até processos de fabricação de peças e recondicionamento de componentes. Desse modo, a gestão de manutenção se torna fundamental, uma vez que o setor naval tem objetivado formas de aumentar os lucros, sem afetar a segurança de colaboradores e ocasionar danos ao meio ambiente (Tam e Jones, 2017). Segundo Tinga et al. (2017), a manutenção naval tende a ser corretiva e quando realizada de forma preventiva, caracteriza-se por ainda gerar perdas. A prática exclusiva de intervenções corretivas e preventivas influencia diretamente na elevação dos custos de manutenção, tanto pela aleatoriedade das falhas, quanto pelo aproveitamento deficiente de recursos em manutenções preventivas conservadoras.

A exposição dos ativos às condições de trabalho no meio marítimo é um fator relevante, porém, o risco de falhas que possa vir a parar a operação, ou até mesmo deixar a embarcação à deriva, é preponderante para a elaboração do planejamento. Dessa forma, as intervenções preventivas em embarcações são efetuadas em intervalos mais curtos do que o usual na indústria, tendo em vista a redução do risco de falhas (NGUYEN, 2017). Por outro lado, Alhouli (2017) aponta que as operações marítimas são diretamente afetadas no que se refere à logística de peças sobressalentes indisponíveis, fato que eleva os estoques a bordo e os custos dos planos preventivos.

Diante do cenário que envolve a manutenção naval, situa-se as embarcações de pesquisa e ensino pertencentes à frota da FURG, às quais estão sujeitas aos desafios enfrentados pelo segmento e também às dificuldades logísticas da iniciativa pública. Além disso, a ausência de estrutura para a gestão da manutenção no setor teve como reflexo a dependência de manutenções corretivas e, como consequência direta, a ocorrência de inconformidades nos parâmetros de operação dos equipamentos aliadas às quedas de performance e de disponibilidade da frota. Nesse contexto, falhas manifestadas por ativos críticos durante operações de pesquisa e de ensino implicam em uma série de perdas para a universidade e para

os pesquisadores, dentre as quais destaca-se: comprometimento da segurança dos profissionais embarcados; elevação dos custos dos cruzeiros científicos com manutenção, tripulação, rancho, abastecimento e logística; além de atrasos nos cronogramas das pesquisas e aulas embarcadas, que são em sua maioria sazonais e dependem de janelas temporais específicas para a coleta de dados.

Nesse sentido, a Manutenção Produtiva Total (do inglês: *Total Productive Maintenance - TPM*) tem se mostrado uma metodologia valiosa para empresas que buscam otimizar seus processos de manutenção, tendo como premissa para a melhoria do desempenho de equipamentos, o envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional. A metodologia atua na redução das perdas presentes nos procedimentos de manutenção, promovendo o aprimoramento da gestão no setor, através da incorporação da "Quebra Zero", "Defeito Zero" e "Acidente Zero" (Wyrebski, 1997).

Visto o que foi mencionado anteriormente, o presente trabalho visa propor a aplicação de Manutenção Produtiva Total, de modo a elevar a disponibilidade de embarcações de pesquisa da frota da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, composta pelo Navio Oceanográfico Atlântico Sul, Navio de Ensino Ciências do Mar I e pela Lancha de Pesquisa Larus. A pesquisa se desenvolve a partir de investigações na literatura e no campo, para posterior análise da manutenção na frota e conseqüente elaboração do *Framework* para estruturação do TPM no setor. Em seguida, é utilizada a metodologia proposta por Fogliatto e Ribeiro (2011), como guia para a implementação do TPM nas embarcações da FURG.

O trabalho tem sua estrutura dividida em seis capítulos, são eles: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados, discussão e conclusão. Enfatiza-se que os resultados atingidos com a pesquisa foram obtidos a partir da aplicação do TPM em embarcações de pesquisa e ensino, porém entende-se que os mesmos podem servir de base para estudos de implementação da filosofia e seus pilares em outras classes de embarcações.

1.1. OBJETIVOS

Os objetivos, geral e específicos, definidos para o desenvolvimento da presente pesquisa, são apresentados a seguir.

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral elevar a disponibilidade das embarcações de pesquisa e ensino da frota da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, através da implementação da Manutenção Produtiva Total - TPM.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Disseminar a cultura do TPM na manutenção a bordo das embarcações da Frota da Universidade;
- Desenvolver um framework do TPM para a frota de embarcações em questão;
- Implementar o sistema TPM através do *framework* desenvolvido;
- Identificar os principais fatores de sucesso para implementação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, serão detalhados, conforme referências da área, aspectos relacionados à Manutenção Produtiva Total e suas diretrizes.

2.1. CONCEITOS E ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

Kardec e Nascif (2013) trazem como objetivos da manutenção a garantia de confiabilidade e disponibilidade das funções de equipamentos e instalações, elevando a capacidade de suprir as necessidades de um serviço ou processo produtivo, prezando pela segurança de operadores, do meio ambiente e com os menores custos possíveis. Um dos primeiros passos para o cumprimento dos objetivos da manutenção é a definição da estratégia a ser empregada em cada equipamento, levando em conta a criticidade do mesmo para a operação e os custos de manutenção.

A seguir, serão abordadas as diferentes estratégias de manutenção, também descritas na literatura como políticas de manutenção, que determinam a forma de intervenção em máquinas e instalações.

A) Manutenção Corretiva:

A NBR 5462 (1994) traz como definição de manutenção corretiva: “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Viana (2013) pondera acerca das manutenções corretivas, considerando-as intervenções necessárias e imediatas para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; uma vez que se caracterizam pela aleatoriedade e são comumente denominadas na indústria como “apagar incêndios”.

Kardec e Nascif (2013) enfatizam que tal estratégia, se adotada de modo predominante, costuma apresentar problemas para o planejamento, sendo estes relativos à imprevisibilidade das falhas e aos custos associados. Ainda assim, mesmo que as intervenções corretivas apresentem desvantagens, para certos

modos de falhas o acompanhamento periódico pode não ser a melhor opção, tanto pela questão financeira, como por complicações para extração de informações acerca de determinados componentes, Bloch e Geitner (1997).

B) Manutenção Preventiva:

A NBR 5462 (1994) estabelece manutenção preventiva como: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

De acordo com Viana (2013), a manutenção preventiva é conjunto de procedimentos ou ações, que se baseiam em intervalos ideais de atuação, os quais, quando implementados, reduzem a necessidade de intervenções corretivas. Embora essa estratégia possibilite a redução de falhas inesperadas, e conseqüentemente um melhor planejamento das intervenções, a mesma requer a retirada do equipamento de sua operação normal, gerando custos pela parada.

C) Manutenção Preditiva:

A NBR 5462 (1994) define manutenção preditiva como: “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

Kardec e Nascif (2013) enfatizam que a aplicação de métodos preditivos possibilita a prevenção de falhas em equipamentos pelo acompanhamento do ciclo de vida de componentes, através do monitoramento de parâmetros de condição ou desempenho. Dessa forma, sistemas operam o maior tempo possível sem necessidade de intervenções, uma vez que estas só irão ocorrer quando seus componentes atingirem níveis de degradação inaceitáveis, sendo a eficiência da manutenção preditiva atrelada a velocidade da detecção na variação dos parâmetros.

São parâmetros ou variáveis que podem ser monitoradas: Vibração, Temperatura, Contaminação e Degradação de óleos lubrificantes, Ruído, Pressão e Ensaio não destrutivo.

D) Engenharia de Manutenção:

Xavier (2015) ressalta que para o alcance da manutenção classe mundial se faz necessário deixar de lado os esforços em ações reativas, uma vez que as mesmas atrasam a inovação na manutenção, pela necessidade da obtenção do controle sobre intervenções corretivas. Nesse sentido, a engenharia de manutenção tem o intuito de reduzir problemas crônicos e buscar soluções tecnológicas.

Segundo Kardec e Nascif (2013), a Engenharia de Manutenção tem como significado perseguir benchmarks, aplicando técnicas modernas, em níveis de Primeiro Mundo. Para tal, busca-se analisar as estratégias e as necessidades de cada equipamento, aplicando inteligência nas ações de manutenção, com dedicação especial ao implemento de melhorias nos processos. Como objetivos, tem-se: aumento dos níveis de confiabilidade e disponibilidade; garantia de segurança nas operações, e; monitoramento de indicadores de condição e performance, através de dados extraídos ao longo da operação.

2.2. TÉCNICAS PREDITIVAS

A seguir, serão apresentadas definições, vantagens e possíveis ganhos com as técnicas preditivas aplicadas no presente trabalho, são elas: termografia, análise de lubrificantes usados e videoscopia.

A) Termografia

Segundo Olarte et al. (2011), a termografia é uma técnica preditiva que se baseia na análise de temperaturas, e quando aplicada em instalações industriais atua sem impactar na disponibilidade das mesmas, uma vez que não exige a interrupção da operação de máquinas e equipamentos. Assim, anomalias são

evidenciadas por alterações na temperatura. Para tal, as medições devem ser comparadas com valores de projeto definidos por fabricantes, que servem de referência ao setor de manutenção e possibilitam o diagnóstico preciso. Os autores ainda ponderam que o estudo termográfico é de grande valia na manutenção preditiva, pois permite a constatação de falhas não visíveis ao olho humano, que quando não detectadas, podem ocasionar grandes perdas econômicas.

De acordo com Irfan et al. (2017), as imagens de calor da superfície de um objeto só são possíveis por termografia infravermelha, na qual a energia térmica invisível é convertida em energia térmica visual, formando uma imagem térmica do objeto, na qual a variação da temperatura é associada a uma escala de cores. Ao longo dos anos, a termografia se tornou um método importante para prevenir e prever falhas em diferentes componentes, uma vez que se trata de uma técnica não invasiva, segura e de baixo custo.

B) Análise de Lubrificantes Usados

Em posse das informações contidas nos laudos das análises, gestores possuem maior independência para tomar decisões, uma vez que sabendo a real condição e o estado das máquinas, não se faz necessário seguir estritamente as recomendações do fabricante. Com isso, é possível reduzir perdas pela substituição prematura de óleo, com contratação de serviço desnecessário e com outros aspectos associados à retirada de óleo residual e filtros. Essa técnica preditiva, além de determinar o intervalo ótimo para a substituição do óleo, possibilita a identificação de falhas em estágio inicial de desenvolvimento, o que favorece a logística de peças e de profissionais envolvidos, auxiliando também na avaliação dos intervalos de substituição do componente que falhou. (KARANOVIC et al. 2018)

Nogueira e Real (2012) ressaltam os metais de interesse para avaliação de desgaste em motores diesel, referentes às partes alta (pistões, anéis e camisas) e baixa (bronzinas, casquilhos e virabrequim) desses equipamentos, através da análise de óleo. A presença de alumínio nas amostras caracteriza-se como indicativo de desgaste em pistões; a de ferro, de desgaste em camisas; a

combinação ferro e cromo, de anéis de segmento; já a presença de cobre, chumbo e estanho indica degradação na parte baixa do motor.

C) Videoscopia

Karczewski (2008) reforça a eficácia da videoscopia como uma ferramenta de apoio para o diagnóstico na manutenção de motores diesel marítimos, e pondera sobre a crescente aceitação dessa técnica preditiva por armadores e operadores. Na literatura, a videoscopia também é chamada de endoscopia ou, de maneira geral, como inspeção visual remota, caracterizando-se como uma técnica preditiva que utiliza de uma sonda, a qual dispõe de uma câmera e de uma lanterna, ligadas a um *display* por cabo com diâmetro diminuto.

Nogueira e Real (2012) destacam as vantagens da associação de técnicas preditivas para a avaliação de desgaste em componentes internos de motores diesel marítimos, em especial a análise de lubrificantes usados somada à videoscopia. Partindo de níveis anormais de particulado metálico constatados em uma amostra de óleo usado, é possível direcionar a inspeção interna por meio da videoscopia, de modo a precisar a origem do desgaste e, assim, planejar a parada do motor para o reparo. Dessa forma, podem ser percebidos como benefícios da vinculação a redução dos custos de manutenção e do tempo de parada do equipamento.

2.3. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Segundo Nakajima (1988), a Manutenção Produtiva Total (TPM) tem como objetivo principal maximizar a eficiência e a utilização de equipamentos, eliminando desperdícios através de um sistema de manutenção proativo, que envolve uma estrutura onde haja o envolvimento de todos os colaboradores da empresa, desde a alta direção até os postos operacionais, ou seja, a gestão das máquinas por toda a organização.

A Manutenção Produtiva Total pode ser definida como a implementação de uma cultura organizacional que prevê: quebra zero, defeito zero e acidente zero. Nesse sentido, para que tais objetivos sejam atingidos se faz necessário o

envolvimento de todos os setores, desde o operacional até o gerencial, desenvolvendo, assim, maior engajamento dos profissionais (Moraes, 2004).

De acordo com Raouf (1994), o objetivo da manutenção produtiva é garantir que os equipamentos sejam capazes de atingir tempos de operação elevados, otimizando a frequência de manutenção programada e aumentando a eficácia do equipamento. Para tal, devem ser avaliados o tempo médio entre falhas (MTBF), a disponibilidade, o desempenho e a taxa de qualidade dos produtos. Outros fatores que podem ser considerados são: o nível de automação dos ativos; o grau de manutenção necessária; a facilidade de partida da operação; o custo do ciclo de vida do ativo e o consumo de energia.

É importante salientar que para a implementação da Manutenção Produtiva Total, é fundamental a comunicação entre todos os níveis organizacionais, a fim de eliminar as falhas no processo. Além disso, é importante que esteja claro, para cada funcionário, o seu papel, responsabilidade e importância para que os objetivos e metas sejam alcançados (SUZAKI, 1987). Nesse sentido, Hatakeyama e Rodrigues (2006) apontam os principais fatores que influenciam negativamente para o sucesso do TPM, conforme o quadro a seguir.

Quadro 1 - Fatores que influenciam a falha do TPM

- Alta rotatividade de liderança;
- Não comprometimento verdadeiro dos chefes imediatos e superiores;
- Ignorância por parte dos operadores da evolução do programa TPM;
- Falta de acompanhamento do andamento do programa e de sua avaliação;
- Metas que não são alcançadas e ficam sem explicação;
- Falta de treinamento pessoal (não só técnico, mas gerencial);
- Implementação do TPM de forma rápida omitindo algumas etapas de consolidação;
- Estresse no trabalho;
- Os operadores ficam com a ideia de que devem produzir e não fazer manutenção;
- Um único operador comanda mais de uma máquina ao mesmo tempo;
- Falta de tempo para a manutenção autônoma;
- Aumentar o ritmo diário de produção, com a mesma equipe;
- Corte de investimentos sem critérios claros para operadores e pessoal de manutenção.

Fonte: Hatakeyama e Rodrigues (2006).

2.3.1. Eliminação de Perdas

Segundo Kardec e Nascif (2013), a manutenção produtiva total possui como premissa a eliminação das seis grandes perdas presentes nos processos produtivos. São elas, e que ocorrem por: falha no equipamento; mudança de linha; operação em vazio e pequenas paradas; queda de velocidade de produção; produtos defeituosos, e; queda de rendimento.

De modo a delimitar as perdas relacionadas com o objeto de estudo da presente pesquisa, serão discutidos apenas aspectos referentes às perdas por falha nos equipamentos, uma vez que a mesma não é direcionada a sistemas produtivos e, portanto, as demais perdas não se aplicam.

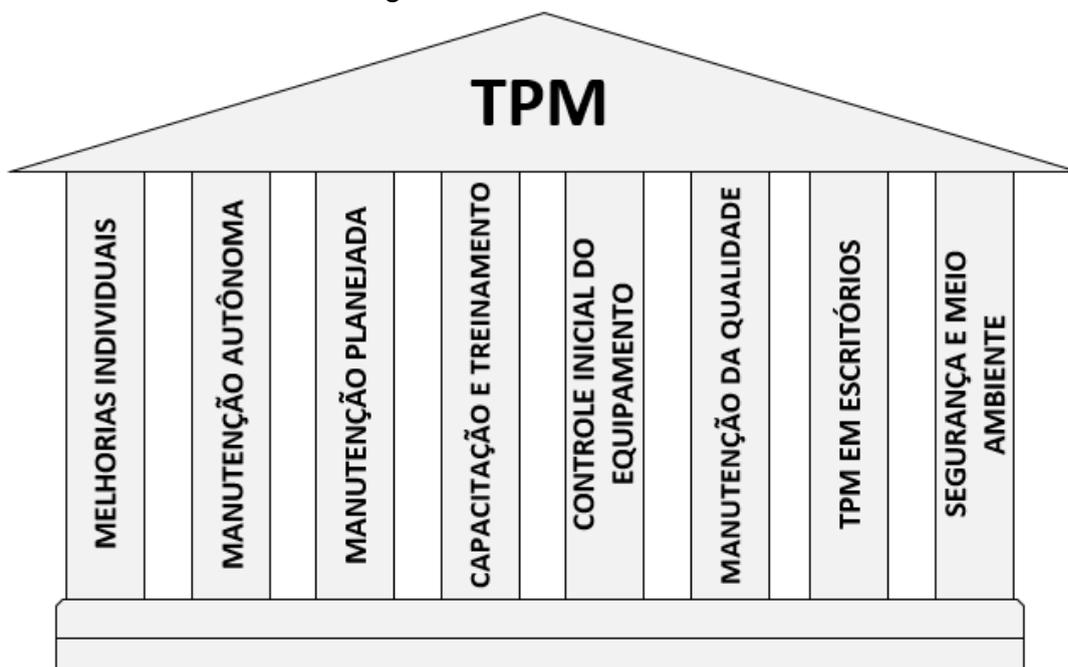
Quebras e falhas são o principal fator responsável por levar à parada total ou à redução do rendimento do equipamento e, portanto, devem ser reduzidas ao máximo. Segundo Geremia (2001), dentre as ações para combater quebras e falhas, podem ser citadas:

- manter as condições básicas para a operação do equipamento, no que concerne à limpeza, lubrificação e aperto dos componentes;
- operar os equipamentos dentro das condições de trabalho estabelecidas;
- recuperar as partes desgastadas e degradadas;
- corrigir fragilidades incorporadas no projeto do equipamento;
- capacitar o pessoal operacional e os técnicos de manutenção, de modo que possam perceber, diagnosticar e atuar convenientemente.

2.3.2. Pilares do TPM

Segundo Kardec e Nascif (2013), para que sejam atingidos os objetivos do TPM, ou seja, o aumento da eficiência do processo, torna-se fundamental a implementação de seus oito pilares de sustentação, tais quais seguem representados na figura abaixo.

Figura 1 - Pilares do TPM.



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2013).

A seguir, serão apresentadas as definições dos pilares utilizando como referência Kardec e Nascif (2013) e Takahashi (1993).

- A) Melhorias Individuais: prevê métodos para promover melhorias individuais nos equipamentos, através de manutenções corretivas planejadas, aumentando, dessa forma, a eficiência global do maquinário.
- B) Manutenção Autônoma: neste pilar, o operador possui papel protagonista, visto que será o responsável por realizar reparos pontuais de maneira proativa, aplicando melhorias contínuas nos equipamentos.
- C) Manutenção Planejada: possui o objetivo de reduzir manutenções reativas, dessa forma se faz necessária a implementação de planos de manutenções preventivas que preveem reparos antes da quebra do equipamento, além disso a aplicação de técnicas preditivas, a fim de auxiliar na tomada de decisões, é parte fundamental do processo.
- D) Capacitação e Treinamento: possui como foco principal a capacitação de todos os membros da equipe, através de conhecimentos técnicos, gerenciais e comportamentais.

- E) Controle Inicial do Equipamento: visa eliminar possíveis falhas de projetos, tendo como auxílio histórico de falhas de equipamentos semelhantes.
- F) Manutenção da Qualidade: neste pilar, busca-se estabelecer intervenções para atingir o defeito zero. O controle do produto final é utilizado como parâmetro para possíveis manutenções nos equipamentos, a fim de garantir produtos de alta qualidade e manter os equipamentos em bom estado.
- G) TPM em Escritórios: objetiva o aumento da eficiência do setor administrativo e de apoio, evitando perdas, desperdícios e impactando no sistema de produção.
- H) Segurança e Meio Ambiente: possui relação com todos os pilares anteriormente citados, pois ações de melhorias em equipamentos e processos afetam no aumento da segurança e do controle ambiental. Além disso, objetiva estabelecer programas que visam a redução de riscos de trabalhos e de práticas conscientes e sustentáveis.

2.3.3. Etapas de Implementação

O programa TPM pode ser implementado através de 12 etapas, distribuídas em fases, com duração de 3 anos para sua efetiva consolidação. O quadro (2) apresenta a metodologia aplicada para o seu desenvolvimento (Nakajima, 1988).

Quadro 2 - Metodologia clássica de implementação do TPM

FASE	ETAPAS	DESCRIÇÃO
Preparação	1. Declaração da implementação do TPM pela alta gerência	Utilizar todos os meios de comunicação possíveis para apresentar o programa para a empresa.
	2. Aplicação de treinamentos de capacitação e promoção do início da implementação do TPM	Os treinamentos devem ser aplicados a todos os níveis hierárquicos da organização, de forma a esclarecer os objetivos, a filosofia e os conceitos por trás da implementação do programa.
	3. Organização de equipes e implementação do TPM	Faz-se necessária a formação de grupos focados na implantação do TPM em todos os setores da empresa.
	4. Promoção de diretrizes e objetivos	Deve-se mapear a situação geral da organização, visando a definição de objetivos

	básicos	e metas claras e focadas.
	5. Elaboração de um plano de implementação do TPM (Plano Mestre)	Desenvolvimento de um plano detalhado, estabelecendo cronogramas e prazos.
Implementação Preliminar	6. Kick-off TPM	Divulgação da implementação do programa para clientes, fornecedores, funcionários e empresas afiliadas.
Implementação TPM	7. Melhoria da eficiência operacional	Definição de equipamentos e peças onde serão realizadas as melhorias. Deverão ser formados grupos de trabalhos objetivando a redução de perdas.
	8. Manutenção autônoma	O funcionário deve exercer suas atividades de forma proativa, dessa forma, os operadores estarão aptos a realizar inspeções autônomas e pequenos reparos nos equipamentos, para tal deverão ser realizados treinamentos para capacitar os mesmos.
	9. Manutenção planejada	Implementar técnicas de manutenções preventivas e preditivas, além de controle de sobressalentes e ferramentas.
	10. Capacitação e treinamento	Todos os funcionários devem ser capacitados através de treinamentos.
	11. Controle inicial	Busca atingir Falha Zero, desde o controle de novos projetos e estruturação de processos.
Estabilização/Consolidação	12. Aplicação total do TPM	Consolidação completa do programa de Manutenção Produtiva Total, se faz necessária a realização de novas metas, adaptação de possíveis problemas e manutenção do projeto.

Fonte: Nakajima (1988).

3. METODOLOGIA

A seguir, serão apresentados os métodos e as etapas do presente trabalho, sustentados pela experiência de tripulantes e manutentores, pela expertise do corpo técnico de Engenharia de Manutenção da Frota da FURG e em referências das respectivas áreas.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Com o intuito de estabelecer a caracterização da pesquisa científica, buscou-se na literatura os parâmetros de avaliação, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009). E, conforme os autores, verificou-se que o presente trabalho tem abordagem qualitativa, uma vez que não tem sua origem em dados numéricos representativos.

Além disso, com base nos critérios apresentados por Rodrigues (2006), determinou-se esta pesquisa como de natureza aplicada, pelo fato de que o estudo é efetuado em uma frota de embarcações de pesquisa, através da qual busca-se solucionar o problema de indisponibilidade de manutenção.

O método científico foi determinado como pesquisa-ação, uma vez que as análises realizadas são de natureza coletiva, e contemplam tanto os sujeitos relacionados à Frota quanto os pesquisadores, de forma que o conhecimento necessário a ser produzido e a ação necessária a ser tomada foram considerados em conjunto (CASSANDRE, GODOI, 2013).

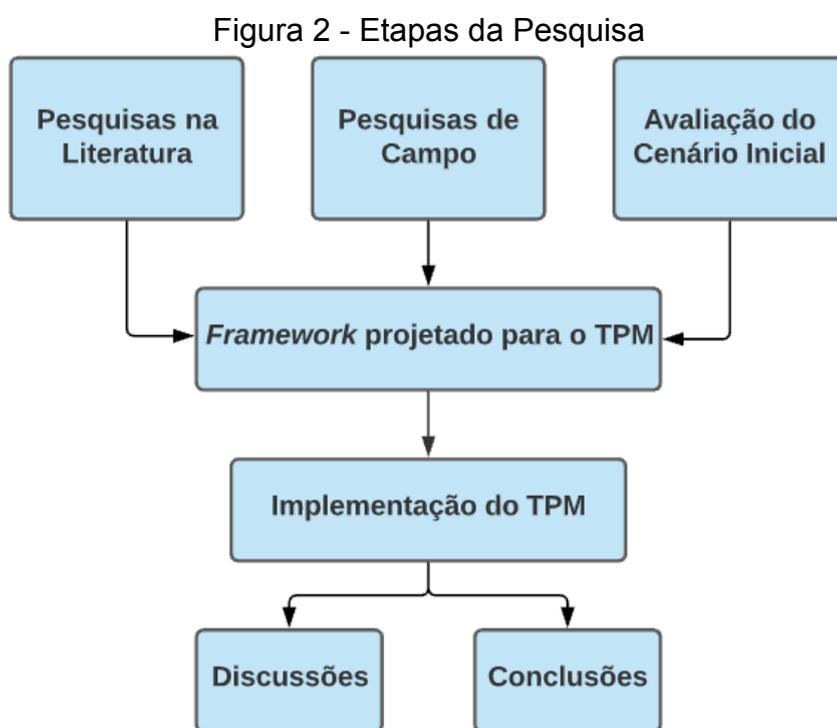
3.1.1. Objeto de Estudo

O presente trabalho tem como objeto de estudo a frota de embarcações da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, localizada em Rio Grande-RS, sendo composta por três embarcações: Navio Oceanográfico Atlântico Sul (NOc-AS), Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I (LEF-CMI), e pela Lancha de Pesquisa Larus (LPL). O setor de manutenção foi escolhido como ponto de análise, visto que é um setor estratégico e de apoio à Coordenação da Frota, tendo

influência direta na disponibilidade das embarcações. O contexto operacional encontrado a bordo era determinado por paradas não planejadas frequentes, o que afetava diretamente os cruzeiros e a moral das equipes, culminando em baixa disponibilidade, elevados custos e atrasos nas pesquisas. Tal condição se estabeleceu, tanto pela inexistência de uma gestão de manutenção adequada para as necessidades dos pesquisadores e dos tripulantes, quanto pela cultura de manutenção embarcada.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi organizada e dividida em sete etapas, duas delas de coleta (Pesquisas na literatura e de campo), além de cinco etapas de execução e análise (Avaliação do Cenário Inicial, *Framework* projetado para o TPM, Implementação do TPM, Discussões e Conclusões), sendo as mesmas expressas a seguir.



Fonte: O autor.

A partir de toda a pesquisa desenvolvida, especialmente nas etapas de execução e de análise, destaca-se a importância do papel exercido pelas equipes de

manutenção (engenheiros, estagiários e mecânicos) e de operação (tripulantes das três embarcações), que foram agentes de mudança no processo de evolução da manutenção na Frota. Tal cenário caracterizou-se pela cooperação nesta pesquisa-ação, atuando os colaboradores como parceiros na maioria das situações, sendo regularmente consultados, em um projeto conduzido pelo pesquisador, conforme Tripp (2005) discorre em sua obra.

3.2.1. Pesquisas na Literatura

Como primeira etapa, foram realizadas pesquisas na literatura, que serviram como base para o entendimento e para a sustentação dos objetivos do trabalho, sendo direcionadas aos conceitos fundamentais e a projetos de implementação da Manutenção Produtiva Total.

Inicialmente, levantou-se aspectos referentes às estratégias de manutenção, com enfoque em ações preditivas, visto que foram propostas do pilar de manutenção planejada. Na sequência, buscou-se fundamentar o TPM conforme Nakajima (1988) e Fogliatto e Ribeiro (2011), além de avaliar estudos relevantes: Wyrebski (1997); Geremia (2001); Nogueira e Real (2012); Gupta et al. (2015); Nguyen (2017); Tinga et al. (2017); Karanovic et al. (2018); de modo a mapear e projetar resultados e benefícios para o programa.

3.2.2. Pesquisas de Campo

Em seguida à revisão na literatura, efetuou-se pesquisas de campo nas embarcações da Frota com o intuito de possibilitar a familiarização com tripulantes, manutentores, máquinas e equipamentos. Assim, foi possível levantar características e informações sobre as três embarcações, bem como realizar a formação do inventário de equipamentos, e identificar tripulantes e profissionais responsáveis pela manutenção.

Ao longo das etapas seguintes, ocorreram visitas periódicas nas três embarcações, de modo a acompanhar a rotina de manutenção, monitorar o

funcionamento dos equipamentos e entender a realidade da operação nos trabalhos embarcados, tanto em cruzeiros de pesquisa como em testes de mar.

3.2.3. Avaliação do Cenário Inicial

Em posse das informações adquiridas no primeiro contato com as embarcações e em análises subsequentes, construiu-se uma avaliação acerca da manutenção nas embarcações da Frota, sendo evidenciada a ausência de políticas e práticas de gestão da manutenção.

Para a realização do diagnóstico, foram verificados aspectos referentes ao planejamento e à cultura de manutenção, ao grau de envolvimento dos chefes de máquinas nas tarefas de manutenção, à condição dos equipamentos das embarcações, ao nível de capacitação dos colaboradores e às políticas de segurança.

3.2.4. Framework Projetado para o TPM

Após mapeado o cenário inicial e avaliadas pesquisas correlatas, foi desenvolvido o *framework* para a manutenção na frota, sendo seu formato vinculado à representação gráfica clássica do TPM, na forma de pilares e alicerces constituintes de uma estrutura. Dessa forma, buscou-se incorporar os cinco pilares-chaves do TPM para a elevação da disponibilidade da Frota: Manutenção Planejada; Manutenção Autônoma; Melhoria Específica; Controle Inicial e Educação, Treinamento e Segurança.

3.2.5. Implementação do Programa de Manutenção Produtiva Total

Por fim, foi aplicada a metodologia proposta por Fogliatto e Ribeiro (2011) para a implementação do *framework* projetado no setor de manutenção da frota de embarcações da FURG, sendo a mesma constituída por quatro fases e suas subsequentes atividades, exibidas a seguir.

Quadro 3 - Metodologia de Implementação Adotada

1) PREPARAÇÃO:
- Campanha de Lançamento;
- Organização para a implantação;
- Diretrizes e Metas;
- Uso do <i>software</i> de gestão da manutenção;
- Capacitação dos colaboradores;
2) INTRODUÇÃO:
- Início das atividades de melhoria dos equipamentos;
3) IMPLANTAÇÃO:
- Controle das intervenções e estoques de reposição;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção planejada;
4) CONSOLIDAÇÃO DO PROGRAMA

Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2011).

A sua utilização, em detrimento da metodologia desenvolvida por Nakajima (1988), ocorre pela simplicidade e pela compatibilidade com o projeto desenvolvido, possibilitando maior objetividade para o case da Coordenação da Frota, sem que sejam ocasionadas perdas de conteúdo em relação à filosofia do TPM.

4. RESULTADOS

Os resultados são apresentados a seguir, de modo a respeitar a cronologia das atividades desenvolvidas pelo o autor, no período em que desempenhou suas funções na Coordenação da Frota da Universidade Federal do Rio Grande - FURG (junho de 2018 a maio de 2021).

Primeiramente, discorrer-se-á a respeito da Coordenação da Frota e embarcações pertencentes, para em seguida apresentar o cenário da manutenção no início das atividades do Departamento de Engenharia de Manutenção. Após, será apresentado o cenário projetado para a manutenção, discutidas as fases de implementação do TPM e, por fim, evidenciados os avanços obtidos na aplicação da metodologia proposta.

4.1. PESQUISAS DE CAMPO

A Coordenação da Frota da FURG foi fundada com o intuito de ser o órgão responsável pela gestão do mais novo ativo da Universidade na época, o Navio Oceanográfico Atlântico Sul (1973). Mais tarde, em 1978 foi incorporada a Lancha de Pesquisa Larus, e recentemente, em 2017, foi cedido pelo Ministério da Educação o Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I. A manutenção das embarcações é uma das atribuições do setor, este que também se encarrega de efetuar o agendamento das saídas de pesquisa, fornecimento de suprimentos (combustível, água, rancho, medicamentos, peças, consumíveis...), despacho e liberação das embarcações perante a Marinha do Brasil, gestão de contratos com empresas terceirizadas, bem como uma série de serviços administrativos que vão de encontro aos processos organizacionais da Universidade.

Historicamente, o setor tem sido conduzido pelo Coordenador da Frota, que é auxiliado por três colaboradores que prestam apoio nas áreas administrativa e logística. Nesse formato, que vigorou até janeiro de 2018, a manutenção das embarcações era mais uma das atribuições de um setor sobrecarregado, caracterizando-se por ser essencialmente corretiva, com elevados custos de manutenção e baixa disponibilidade da frota.

Dessa forma, em uma iniciativa conjunta entre a Coordenação do curso de Engenharia Mecânica Naval, Diretoria da Estação de Apoio Antártico (ESANTAR) e Coordenação da Frota, deu-se início ao Departamento de Engenharia de Manutenção (DEM) das embarcações da Universidade, no formato de um Projeto de Extensão que previa a contratação de estagiários dos cursos de Engenharia Mecânica da FURG, sob a orientação de um Coordenador científico.

4.1.1. Embarcações pertencentes à Frota

As pesquisas na literatura e de campo foram fundamentais para o levantamento de informações acerca das embarcações pertencentes a Frota, sendo detalhadas a seguir suas principais características técnicas.

A) Navio Oceanográfico Atlântico Sul - NOc-AS:

O NOc-AS, figura (3), foi construído em 1973, de modo a ser uma plataforma de pesquisa e monitoramento do ambiente marinho. Conta com cinco motores mecânicos de combustão interna, sendo quatro motores de combustão auxiliares (MCA), e um motor de combustão principal (MCP). O navio possui 36 metros de comprimento, por 7,85 metros de boca e 3,28 metros de calado. Com capacidade para 12 tripulantes e 14 pesquisadores, é o único navio no Brasil que atua no campo da pesquisa oceanográfica e pesqueira, desde o final dos anos 1970.

Figura 3 - Navio Oceanográfico Atlântico Sul - NOc-AS



Fonte: O autor.

B) Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I - LEF-CMI:

Em contrapartida, o LEF-CMI, figura (4), foi entregue à FURG pelo Ministério da Educação em novembro de 2017, e caracteriza-se por ser uma embarcação moderna e adaptada para a realização de aulas e experimentos oceanográficos. A embarcação conta com quatro motores de combustão eletrônicos, sendo dois MCP's e dois MCA's, tendo 32 metros de comprimento por 7,85 metros de boca e 3 metros de calado. Com capacidade para 8 tripulantes e 12 pesquisadores, o LEF-CMI tem como missão possibilitar experiência embarcada para estudantes de Ciências marinhas da Região Sul do Brasil.

Figura 4 - Laboratório de Ensino Flutuante Ciências do Mar I - LEF-CMI



Fonte: O autor.

C) Lancha de Pesquisa Larus - LPL:

Construída em 1978 a partir de fibra e madeira, a Lancha de Pesquisa Larus, figura (5), tem como dimensões: 15,32 metros de comprimento, 5,05 metros de boca e 1,4 metros de calado. Com capacidade para 6 pesquisadores e 4 tripulantes, possui como área de atuação o estuário da Laguna dos Patos e as regiões lacunares do sistema Patos-Mirim, operando em profundidades de 2 a 40 metros. Nos últimos anos tem atuado no monitoramento do Porto de Rio Grande, cobrindo as áreas de pesquisa biológica, química, física e geológica.

Figura 5 - Lancha de Pesquisa Larus



Fonte: ESANTAR.

4.2. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO INICIAL

À medida em que efetuadas as primeiras saídas de campo para a familiarização com os equipamentos, buscou-se também avaliar e mapear o cenário da manutenção na Frota. Em um primeiro contato com as embarcações, no segundo semestre de 2018, observou-se a inexistência de práticas de gestão de manutenção desde os primeiros anos de atuação da Frota, sendo tal conclusão decorrente das condições dos equipamentos do NOc-AS e da LPL, bem como dos registros de manutenção encontrados e da cultura de operação a bordo.

Ao avaliar-se os equipamentos das embarcações de maior tempo de serviço, evidenciou-se uma série de anomalias nos parâmetros de operação, vinculadas a falhas crônicas, perda de eficiência e disponibilidade reduzida. Esse contexto de operação tinha como reflexo a dependência de manutenções corretivas, registradas nos diários de bordo e enraizadas na cultura embarcada, tanto pela operação quanto pelos terceirizados responsáveis pela execução dos reparos. No quadro a seguir são apresentadas as principais anomalias constatadas nas avaliações iniciais, que concentraram-se em motores propulsores e auxiliares.

Quadro 4 - Principais anomalias constatadas

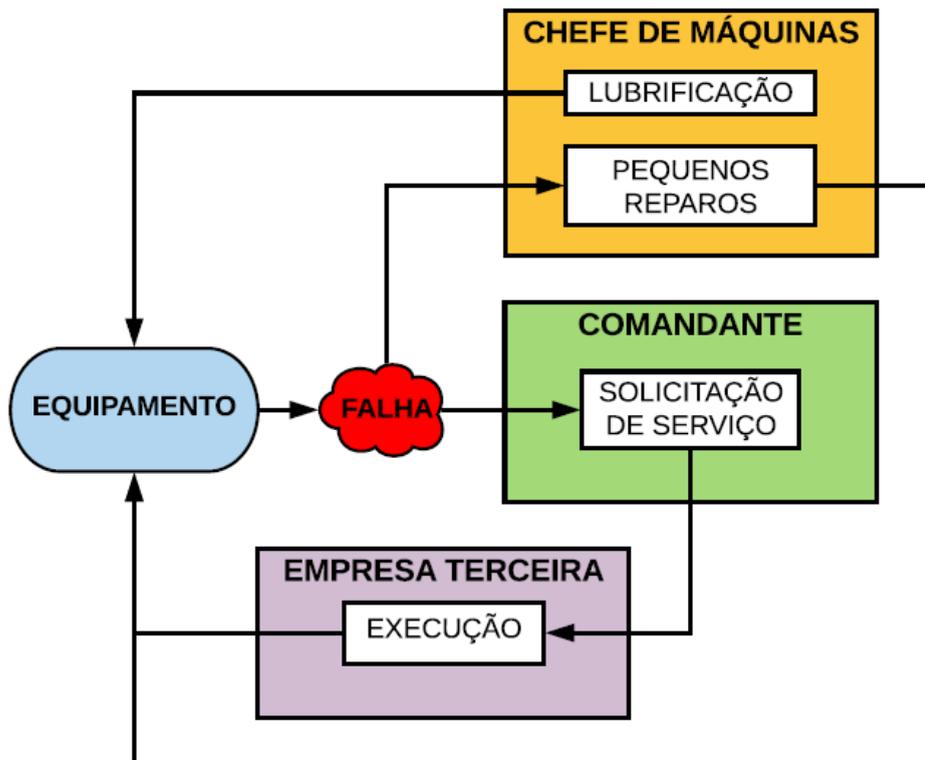
Embarcação	Equipamento	Anomalias
NOc-AS	MCP-TD440-8	Superaquecimento de rubinetes; Expulsão de água pelo tanque de expansão; Motor fora de ponto de injeção de combustível.
	MCA-3 D225-6	Equipamento indisponível por falta de manutenção
LEF-CMI	MCA-BB	Bicos injetores avariados; Rotação de trabalho variável; Falha na geração de energia.
LPL	MCP-BB e MCP-BE	Superaquecimento dos motores; Sistema de combustível avariado; Consumo de óleo lubrificante; Motores com potência reduzida.

Fonte: O autor.

Dessa forma, sem planejamento definido para manutenções preventivas na frota, tal estratégia limitava-se à troca de lubrificantes e filtros, sendo os períodos de troca definidos pelos próprios operadores. Logo, os desperdícios se tornavam inevitáveis, uma vez que por precaução e desconhecimento das recomendações dos fabricantes, o conservadorismo na definição do período de troca era dominante e se baseava unicamente na experiência do chefe de máquinas. Nesse contexto, as recomendações dos fabricantes e as boas práticas de manutenção perderam espaço para pensamentos como: “sempre foi feito assim”, aliados ao discurso de que “com óleo lubrificante e filtros não se faz economia.”.

Assim sendo, de modo a estabelecer um panorama geral do cenário encontrado na manutenção da frota, construiu-se o mapa mental a seguir, que exhibe a estruturação do setor em junho de 2018.

Figura 6 - Cenário Inicial da Manutenção - 06/2018



Fonte: O autor.

As constantes intervenções em equipamentos críticos conduziram a estruturação do cenário inicial, sendo a falha representada como elemento central do diagrama e o reparo como sua consequência direta, sem que se fizesse qualquer forma de análise da causa raiz da falha. A execução dos serviços por empresa terceirizada era solicitada pelos comandantes das embarcações, enquanto pequenos reparos eram executados pelos próprios chefes de máquinas. Avaliou-se, também, que as tarefas de manutenção realizadas pelos chefes de máquinas (operadores) não possuíam planejamento, tampouco estavam alinhadas com os princípios do TPM, razão pela qual não foram consideradas inicialmente como atividades alinhadas ao pilar de manutenção autônoma.

Dito isso, através do diagnóstico inicial foi possível evidenciar a ausência de estrutura para a gestão da manutenção na Frota, sendo esse o fator determinante para a redução no desempenho dos ativos e, conseqüentemente, da disponibilidade das embarcações.

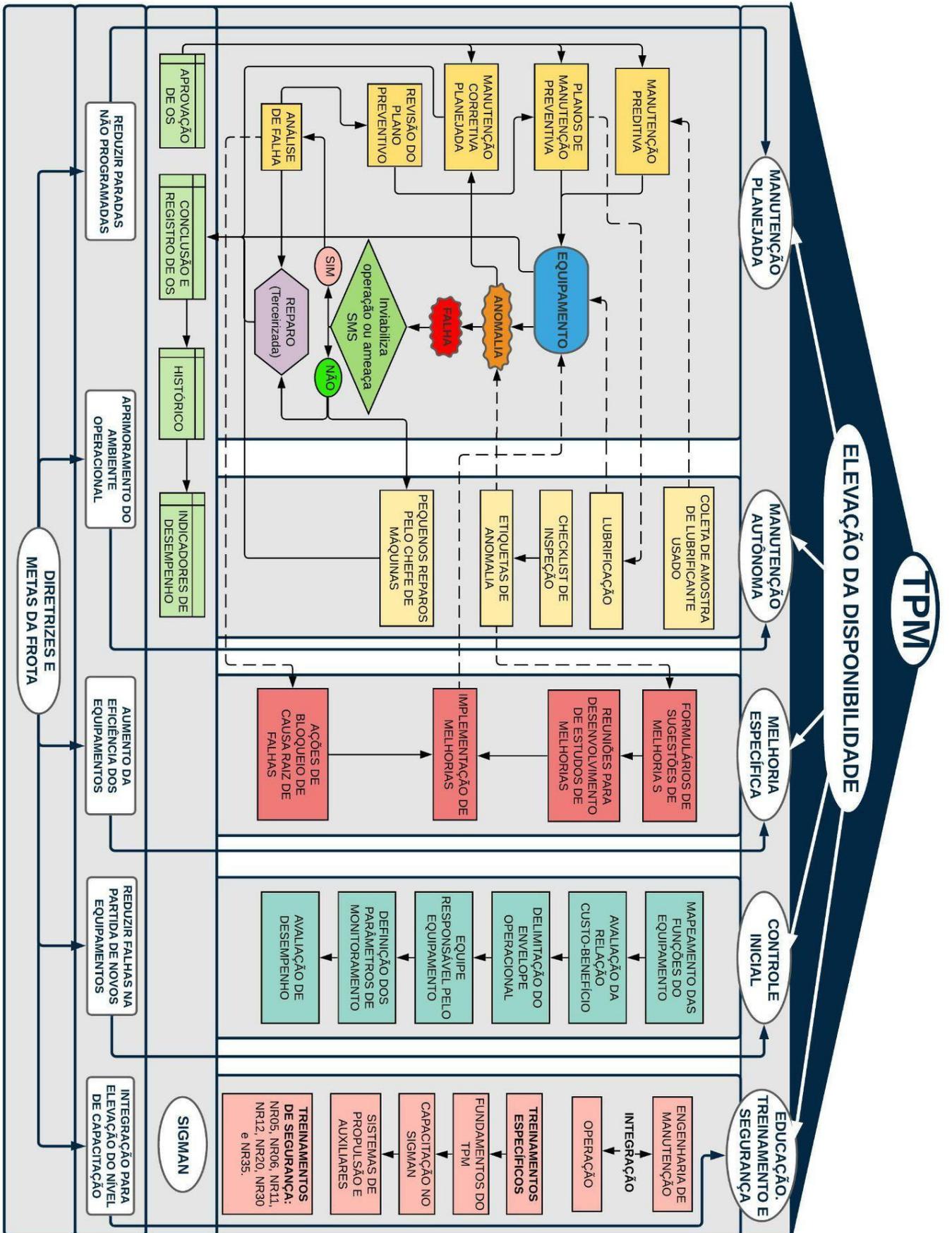
4.3. FRAMEWORK PROJETADO PARA O TPM

Em posse do diagnóstico efetuado, buscou-se projetar o cenário desejado para a manutenção nas embarcações pertencentes à Frota, de modo a trazer a identidade visual do TPM para o fluxograma. Assim, desenvolveu-se o mesmo a partir do formato clássico de representação gráfica da metodologia, trazendo os pilares e os alicerces do programa. Dessa forma, foi possível facilitar a visualização da interação entre pilares, bem como a relação direta destes com as metas do Programa de implementação.

Ao longo da concepção do cenário projetado, incorporou-se, ainda, os cinco pilares chaves do TPM para a elevação da disponibilidade da frota: Manutenção Planejada; Manutenção Autônoma; Melhoria Específica; Controle Inicial e Educação, Treinamento e Segurança – tendo como base as diretrizes e metas do setor e o *software* de gestão da manutenção.

Sendo assim, com base em estudos de casos e conceitos encontrados na literatura, bem como nas especificidades do setor naval, construiu-se o mapa mental exposto na figura (7), a qual colaciona-se adiante.

Figura 7 - Framework projetado para a Manutenção



Fonte: O autor.

Com efeito, note-se que as diretrizes e metas do programa em conjunto com o *software* de gestão constituem os alicerces do programa, sobretudo porque são responsáveis, respectivamente, pelos objetivos do programa e pela ferramenta de gestão integrada da manutenção.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Com a consolidação do DEM e o término das etapas iniciais da pesquisa (pesquisas na literatura, pesquisas de campo, avaliação do cenário inicial e *framework* projetado para o TPM), iniciou-se o programa de implementação da Manutenção Produtiva Total nas embarcações da FURG. A seguir, são detalhadas as fases da implementação de acordo com o Quadro 2.

4.4.1. Preparação

Da fase de preparação, extrai-se cinco etapas: campanha de lançamento, organização para implantação; diretrizes e metas; uso do *software* de gestão da manutenção, e; capacitação dos colaboradores.

Na sequência, são exibidos os trabalhos desenvolvidos em cada uma delas.

4.4.1.1. Campanha de lançamento

A apresentação do Programa de Implementação do TPM para a Coordenação da Frota, na forma de comparativo entre o cenário real *versus* projetado, marcou o lançamento do projeto. Na oportunidade, estiveram reunidas as lideranças das áreas envolvidas (Coordenador da Frota, Coordenador Científico, Comandantes e Diretor da empresa terceirizada responsável pela manutenção), sendo apresentados os pontos de melhoria e as vantagens do programa, em especial a elevação da disponibilidade das embarcações da FURG.

Com a aprovação do programa pela alta gerência, iniciou-se o processo de familiarização de operadores e manutentores. Para tal reuniões, importa salientar que foram organizadas de modo a nivelar conceitos e metas. Os encontros, de seu

turno, tiveram como objetivo principal dar início a elevação da moral das equipes, o que se fez por meio da conscientização dos colaboradores de sua importância para o sucesso do TPM.

4.4.1.2. Organização para implantação

Ao passo que foram desenvolvidos e ministrados treinamentos de manutenção e de segurança para estagiários e tripulantes, dividiu-se a equipe do departamento em três grupos de trabalho, sendo cada um responsável por uma área: Melhorias Específicas, Manutenção Planejada e Desenvolvimento do SIGMAN, buscando atingir resultados de forma paralela. Cada equipe foi composta por dois estagiários que trabalharam sob a orientação dos coordenadores da frota e do projeto, com o apoio do líder de engenharia de manutenção (pesquisador).

Na figura a seguir, é apresentado o cronograma geral das etapas do projeto, desde as pesquisas iniciais até as fases de implementação do TPM.

Figura 8 - Cronograma Geral

▲ Etapas do Projeto	782 dias?	01/06/18 09:00	31/05/21 18:00
Pesquisas na literatura	87 dias	01/06/18 09:00	30/09/18 18:00
Pesquisa de campo	131 dias	01/10/18 09:00	31/03/19 18:00
Avaliação do cenário inicial	66 dias	01/04/19 09:00	30/06/19 18:00
Framework projetado	66 dias	01/07/19 09:00	30/09/19 18:00
▲ Implementação do TPM	435 dias?	01/10/19 09:00	31/05/21 18:00
▲ Preparação	66 dias	01/10/19 09:00	31/12/19 18:00
Campanha de lançamento	9 dias	01/10/19 09:00	11/10/19 18:00
Organização para implantação	14 dias	14/10/19 09:00	31/10/19 18:00
Diretrizes e metas	11 dias	01/11/19 09:00	15/11/19 18:00
Uso do software de gestão da manutenção	65 dias	01/10/19 18:00	31/12/19 18:00
Capacitação dos colaboradores	65 dias	01/10/19 18:00	31/12/19 18:00
▲ Introdução	87 dias	01/01/20 09:00	30/04/20 18:00
Início das atividades de melhoria	87 dias	01/01/20 09:00	30/04/20 18:00
▲ Implantação	282 dias	01/05/20 09:00	31/05/21 18:00
Controle das intervenções e estoques de reposição	282 dias	01/05/20 09:00	31/05/21 18:00
Manutenção Autônoma	282 dias	01/05/20 09:00	31/05/21 18:00
Manutenção Planejada	282 dias	01/05/20 09:00	31/05/21 18:00
Consolidação			

Fonte: O autor.

O pesquisador esteve à frente da implementação do *framework* projetado, vislumbrando como responsável pela supervisão dos trabalhos a bordo das embarcações e no escritório do DEM, ocasião em que repassava os avanços e dificuldades aos coordenadores e contava com o suporte destes para a tomada de decisões. Operadores e manutentores foram treinados para executar os padrões desenvolvidos pelo DEM, e também para a revisão dos planos de manutenção, desenvolvimento de análises de falhas e a proposição de melhorias.

4.4.1.3. Diretrizes e metas

Em posse do diagnóstico inicial da manutenção na frota e tendo como objetivo o cenário projetado, estabeleceram-se metas para cada um dos cinco pilares fundamentais (diretrizes), conforme exposto no quadro (5). Para tanto, foram realizadas reuniões envolvendo os membros do DEM e da Coordenação da Frota ao longo do mês de setembro de 2018, com o intuito de alinhar as necessidades do setor às metas do programa.

Quadro 5 - Diretrizes e metas do Programa

Pilar / Diretriz	Meta
Manutenção Planejada	Reduzir paradas não programadas
Manutenção Autônoma	Aprimoramento do ambiente operacional
Melhoria Específica	Aumento da eficiência dos equipamentos
Controle Inicial	Reduzir falhas na partida de novos equipamentos
Educação e treinamento + segurança	Integração para elevação do nível de capacitação

Fonte: O autor.

Enfatiza-se que não foram desdobradas metas numéricas específicas para cada um dos pilares, sendo a disponibilidade da frota definida como indicador global para avaliação do programa.

4.4.1.4. Uso do *software* de gestão da manutenção

Para a seleção do *software* de gestão da manutenção, uma equipe técnica composta por engenheiros e estagiários do DEM foi formada. Após estudos e pesquisas, optou-se pela elaboração de um sistema informatizado próprio, com enfoque na manutenção naval, valorizando, assim, a expertise e vocação científica da Universidade.

O Sistema de Gestão de Manutenção Naval - SIGMAN é um *software*/sistema CMMS modelado de forma a atender as demandas da Frota da FURG, que traz como vantagens sobre *softwares* comerciais: personalização do sistema conforme as necessidades da Frota, custo de implementação reduzido e centralização das informações em um único programa. Na figura (9), é exibida uma das funcionalidades do *software*, que corresponde ao cadastro dos sistemas encontrados a bordo das embarcações, bem como de seus subsistemas, denominada árvore de equipamentos, contendo informações acerca do sistema de propulsão do LEF-CMI.

Figura 9 - SIGMAN: Árvore de Equipamentos.



Fonte: Frota FURG.

Outra função principal do SIGMAN é possibilitar o agendamento e o registro de operações e atividades de manutenção, sejam elas corretivas, preventivas ou preditivas, associadas ao equipamento da instalação. O *software* lida com inteligência para organizar ordens de manutenção, de acordo com lógicas de prioridades, e controlar cronogramas para realizar a manutenção periódica e planejada do equipamento a partir de planos de manutenções, conforme exposto na figura (10). O sistema também possibilita a visualização de relatórios ou gráficos, usados no gerenciamento dos recursos da organização para avaliar a eficácia das operações e assim, facilitar na tomada de decisões.

Figura 10 - SIGMAN: Aprovação Ordens de Serviços.

Fonte: Frota FURG.

4.4.1.5. Capacitação dos colaboradores

A etapa de capacitação dos colaboradores, segundo a metodologia adotada, corresponde ao quinto pilar do cenário projetado para a manutenção, denominado: Educação, Treinamento e Segurança. Por ser estratégico para a mudança da cultura embarcada, o processo de educação iniciou antes das capacitações, logo na campanha de lançamento, caracterizando-se pela conscientização de operadores e mantenedores sobre os benefícios do programa de implementação.

Os treinamentos foram aplicados para um total de 16 estagiários do DEM e 30 tripulantes (comandantes, imediatos, chefes de máquinas e pescadores), sendo divididos em três pontos chaves para o sucesso do programa: fundamentos do TPM, capacitação no SIGMAN, e sistemas de propulsão e auxiliares. O quadro abaixo exhibe os tópicos abordados em cada treinamento específico e os profissionais capacitados.

Quadro 6 - Capacitação de Colaboradores

Treinamento	Tópicos abordados	Profissionais Capacitados
Fundamentos da Manutenção Produtiva Total (Carga horária: 4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégias de manutenção; - Filosofia do TPM; - Pilares do TPM; - Metodologia de implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estagiários do DEM - Comandantes e Imediatos - Chefes de Máquinas - Pescadores
Sistemas de Propulsão e Auxiliares (Carga horária: 16 horas)	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos; - Princípios de funcionamento; - Classificações e aplicações; - Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estagiários do DEM
Capacitação no SIGMAN	Avançado: (Carga horária: 8 horas) <ul style="list-style-type: none"> - Gestão de ordens de serviço; - Geração de indicadores; - Controle de estoques; - Organização da árvore de equipamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estagiários do DEM
	Básico: (Carga horária: 4 horas) <ul style="list-style-type: none"> - Familiarização com o sistema; - Solicitação de ordem de serviço; - Pedido de material; - Acompanhamento dos planos de manutenção; - <i>Report</i> de atividade de manutenção; 	<ul style="list-style-type: none"> - Comandantes e Imediatos - Chefes de Máquinas

Fonte: O autor.

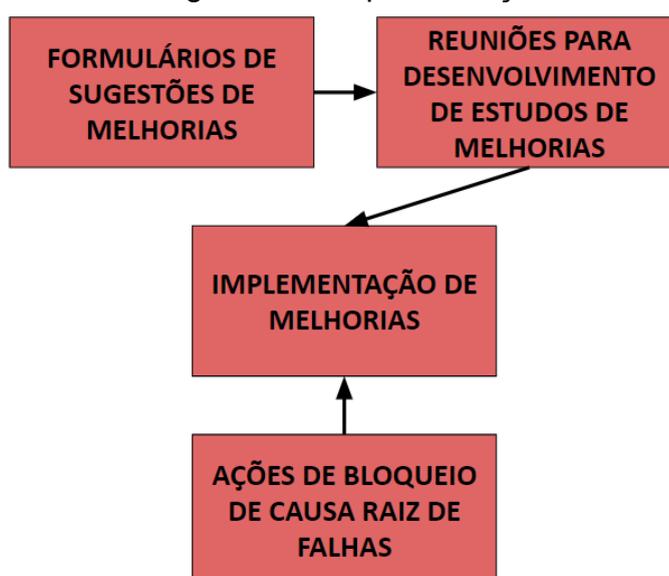
Na literatura, observa-se questões relativas à segurança do trabalho tratadas comumente no pilar de SMS (segurança, meio ambiente e saúde), porém, optou-se pela incorporação do tema junto ao pilar de Educação e Treinamento. Dessa forma, foi possível delimitar o presente estudo para a implementação dos cinco pilares fundamentais do TPM sem deixar de realizar treinamentos de segurança com os tripulantes.

Ao longo da implementação do programa, os tripulantes receberam treinamentos anuais de segurança em três oportunidades, conforme a função a bordo. Dentre os assuntos abordados, destacam-se as normas regulamentadoras: NR 05 - Comissão Interna de Prevenção à Acidentes (CIPA); NR 06 - Equipamentos de Proteção Individual (EPI); NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais; NR 12 - Máquinas e Equipamentos; NR 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis; NR 30 - Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário e NR 35 - Trabalho em altura.

4.4.2. Introdução ao TPM

O pilar de melhoria específica tem como entradas para o início de estudos: formulários preenchidos pelos colaboradores e ações de bloqueio de causa raiz de falhas, conforme exposto na figura (11). A partir dos formulários, as sugestões são avaliadas em reuniões do DEM, sendo as conclusões repassadas à coordenação e em caso de aprovação, a implementação é conduzida pelo departamento. O formulário padrão para sugestão de melhorias encontra-se no apêndice A) deste trabalho.

Figura 11 - Fluxograma de Implementação de melhorias



Fonte: O autor.

4.4.2.1. Início das atividades de melhorias dos equipamentos

Em posse dos diagnósticos iniciais, foram estipuladas as primeiras atividades de melhorias, dentre as quais cabe destacar: Adequação do sistema de combustível da LPL, ações de bloqueio de causas raízes oriundas de análises de falhas no Motor de Combustão Principal do NOc-AS; além da adequação do nível de desempenho dos óleos lubrificantes dos motores propulsores e auxiliares do LEF-CMI.

De forma conjunta às etapas seguintes, também foram desenvolvidos estudos de melhorias nos equipamentos e sistemas das embarcações, dentre os quais se sobressaem e encontram-se em desenvolvimento: Otimização dos sistemas de ventilação das praças de máquinas das três embarcações, instalação de separadora centrífuga para óleo diesel no LEF-CMI e alteração do sistema de arrefecimento convencional de motores e reversoras da Lancha Larus por sistema de arrefecimento por quilha.

A) Adequação do sistema de combustível da LPL

Ao longo das operações de pesquisa a bordo da Lancha Larus, foram verificadas falhas no funcionamento dos motores propulsores, sendo identificado o sistema de combustível como responsável pelas inconformidades, que tem como componentes: cinco tanques de óleo diesel (de fibra), tubulações de alimentação e de retorno, filtros de combustível, bombas e bicos injetores.

Diante disso, inicialmente promoveu-se a inspeção dos tanques da embarcação, verificando que os mesmos apresentavam deformações em sua estrutura, bem como remendos, trincas e vazamentos. Ao avaliar as tubulações de alimentação de combustível, constatou-se a presença de depósitos formados pela degradação do óleo diesel, causados pela ausência de janela de visita para limpeza dos tanques. Tal condição de operação culminou na perda de eficiência das bombas e bicos injetores, uma vez que obstruídas as linhas de alta pressão do sistema.

Dessa forma, mostrou-se necessário o reprojeto dos cinco tanques em material de maior resistência e durabilidade, além da disposição de janelas de visita para inspeção e limpeza. Para a escolha do material dos tanques, foram avaliadas

as propriedades dos aços inoxidáveis, sendo selecionado o aço ASTM Inoxidável 316L, uma vez que apresenta menor teor de carbono em sua composição (até 0,03% de C), e maior resistência à corrosão. Segundo Carbó (2008), o teor reduzido de carbono presente no 316L garante menor incidência de sensitização (precipitação de carbonetos de cromo nos contornos de grão), evitando, assim, o empobrecimento do cromo presente na liga durante os processos de fabricação dos tanques. Além disso, a presença de Molibdênio como elemento de liga concede filme passivo mais resistente do que aos demais aços inoxidáveis.

4.4.3. Implantação

Na fase de implantação, priorizou-se inicialmente o pilar de Manutenção Planejada, uma vez que o mesmo possui impacto direto sobre a disponibilidade dos ativos, e que a Frota não possuía qualquer forma de organização para a manutenção. Em seguida, foram desenvolvidos procedimentos de controle inicial e de estoques, bem como padronizadas as ações autônomas por parte dos operadores.

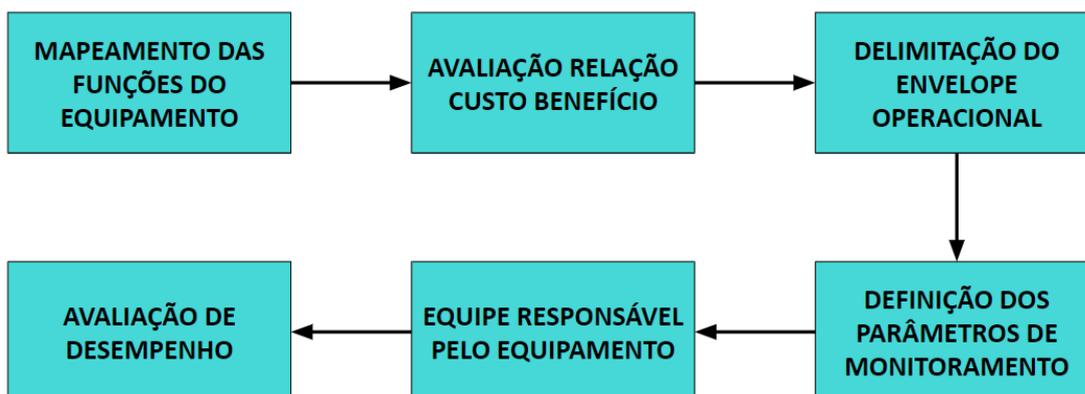
4.4.3.1. Controle das intervenções e estoques de reposição

Com a formação do inventário de equipamentos das três embarcações, seguindo a lógica de tagueamento desenvolvida pelo DEM, montou-se as respectivas árvores de equipamentos, sendo as mesmas inseridas no SIGMAN, conforme exibido anteriormente na figura (8).

A partir da árvore de equipamentos, realizou-se o levantamento e registro no SIGMAN dos sobressalentes presentes nas embarcações, assim como dimensionou-se, através dos planos preventivos dos equipamentos, o estoque necessário para manutenções preventivas e corretivas-planejadas.

Paralelamente aos processos citados anteriormente, estabeleceram-se procedimentos padrões para o controle inicial de novos equipamentos da Frota, seguindo os passos estabelecidos por Fogliatto e Ribeiro (2011), sendo os mesmos apresentados no fluxograma a seguir.

Figura 12 - Fluxo de controle inicial de equipamentos



Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2011).

Durante o período de implementação do programa, julgou-se necessária a aquisição de cinco equipamentos: centrífuga de óleo diesel e grupo gerador de emergência para o LEF-CMI; compressor de ar de partida reserva e compressor de ar para uso geral para o NOc-AS; e grupo gerador de pequeno porte para a LPL. No entanto, por questões orçamentárias, adquiriu-se apenas o compressor de ar para uso geral no NOc-AS, sendo o padrão de controle desenvolvido para novos equipamentos, exemplificado no quadro a seguir.

Quadro 7 - Controle Inicial: Compressor de ar

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ESTAÇÃO DE APOIO ANTÁRTICO COORDENAÇÃO DE FROTA ATLÂNTICO SUL - AS 	
CONTROLE INICIAL	
Equipamento: Compressor CMAV Fabricante: Motomil TAG: AS01-SMP-COM02	
FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO: - Fornecer ar pressurizado para os sistema de aceleração do motor principal; - Fornecer ar pressurizado para os sistemas auxiliares de uso geral;	
AVALIAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO: - Compressor Schulz obsoleto e não conforme com NR-13 - Custo para reforma e adequação: R\$ 3.500,00 - Compressor Motomil CMAV novo e em conformidade com NR-13 - Custo R\$ 4.000,00 Em virtude do elevado tempo de serviço do compressor atual, e da proximidade de valores, torna-se viável a aquisição do compressor CMAV, uma vez que o mesmo atende aos requisitos da norma.	
ENVELOPE OPERACIONAL: - Pressão máxima: 12 bar - Temperatura máxima: 40°C - Rotação: 1050 RPM - Corrente: 13,6 A	PARÂMETROS DE MONITORAMENTO: Diário: Pressão, Temperatura e Nível de óleo; Semanal: Presença de água no vaso de pressão; Mensal: Corrente; Anual: Inspeção interna do vaso de pressão.
EQUIPE RESPONSÁVEL: - Operadores: Chefe de Máquinas e Segundo de Máquinas; - Manutentores: Terceirizados.	
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: - Os parâmetros de operação devem ser monitorados e quaisquer anomalias reportadas para o DEM	

Fonte: O autor.

4.4.3.2. Manutenção Autônoma

Ao encontro dos itens referentes à Manutenção Planejada, foram desenvolvidos aspectos chaves para implantação da Manutenção Autônoma, dentre os quais destaca-se: padronização dos processos de lubrificação executados pelos chefes de máquinas, elaboração de checklists de inspeção e etiquetas de anomalias.

A) Processos de Lubrificação:

A lubrificação dos equipamentos, conforme discutido na etapa de diagnóstico da manutenção, era efetuada pelos chefes de máquinas antes mesmo do início da atuação do DEM, sendo baseada na experiência dos mesmos. Nesse formato, caracterizava-se pelo conservadorismo no tempo de serviço do óleo para motores, e no descaso com sistemas hidráulicos, nos quais apenas o nível era verificado e completado se necessário.

Ao passo que foram desenvolvidos planos preventivos, avaliados os níveis de desempenho dos óleos e introduzidas as análises dos lubrificantes usados, fez-se necessária a padronização dos processos de lubrificação da frota, de modo a acompanhar a evolução do segmento. Assim sendo, como primeira medida, realizou-se reuniões com operadores das três embarcações, através das quais objetivou-se a inserção dos mesmos no processo de elaboração de padrões para a lubrificação. Nos encontros, além de instruções dos fabricantes e boas práticas, foram repassadas aos chefes de máquinas orientações para a coleta adequada de amostras de lubrificantes usados, conforme formulário exibido no quadro (8).

Quadro 8 - Orientações para coleta

Equipamento: Caixa Reversora Bombordo TAG: LL01-STR-REDBB	Executante:
Data de coleta da amostra:	
Horímetro atual (h):	
Tempo de serviço (h):	
Reposição (L):	
Compartimento:	
Trocou óleo na coleta?	
Observações: <i>*Caso o procedimento de coleta tenha sido realizado de maneira diferente, destacar nas observações.</i>	
LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES INDICADAS A SEGUIR:	
<ul style="list-style-type: none"> - O volume de amostra no frasco deve ser de até 80% da capacidade total do frasco, esse volume deve ser respeitado, pois é fundamental para um bom processo de homogeneização. - O equipamento no qual será feita a coleta deve estar, se possível, em temperatura normal de trabalho e em funcionamento. - A amostragem de lubrificantes é um dos pontos críticos dos ensaios. Se a amostra não for representativa com relação ao óleo da máquina, o resultado do ensaio estará comprometido. - É importante sempre coletar as amostras da mesma forma e no mesmo ponto, pois assim, o histórico de monitoramento fornece informações precisas. - Para motores, despejar metade do volume do cárter antes da coleta. Para os demais equipamentos, despejar uma pequena quantidade de óleo antes da realização da coleta. 	

Fonte: O autor.

B) Checklists de Inspeção e Etiquetas de Anomalias:

Como componente chave para o pilar de manutenção autônoma, foram desenvolvidos e implementados 14 checklists de inspeção para equipamentos das três embarcações da frota. Para tal, foram seguidas as recomendações dos fabricantes e baseou-se no conhecimento técnico dos membros do DEM e na experiência de operadores e manutentores. No quadro a seguir, é exposto o checklist diário para o motor de combustão principal do NOc-AS, o qual contém atividades de inspeção e de simples execução.

Quadro 9 - Checklist de Inspeção - MCP MWM TD 440-8

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE COORDENAÇÃO DE FROTA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NAVIO OCEANOGRÁFICO ATLÂNTICO SUL (AS) 				
PLANO DE MANUTENÇÃO DIÁRIO DO SISTEMA DE PROPULSÃO				
Equipamentos: Motor de Combustão Principal TD MWM 440-8 TAG: AS01-SPP-MCP01		Legenda: IC - Inspeccionado CN - Completado nível AN - Anormal		Executante: Data: Horário de início do serviço: Horário de final do serviço: Horímetro atual do equipamento:
N.º	Componente	Intervenção	Descrição	Resultado
1	Motor	Inspeção	Checar nível de óleo do motor e completar, se necessário.	
2			Acionar a matraca dos filtros limpáveis	
3			Checar nível do fluido refrigerante e completar, se necessário.	
4			Inspeccionar vazamentos.	
5	Superalimentador	Inspeção	Controle diariamente o nível de óleo, devendo se encontrar entre a marca inferior e superior.	
6	Correias	Inspeção	Inspeccionar as correias de transmissão.	
7	Bomba de Água	Inspeção	Inspeccionar vedação das bombas de água.	
8	Filtro de Óleo	Execução	Drenar água dos filtros de óleo combustível.	
9	Filtro de Ar	Execução	Limpar poeira do filtro de ar.	

Fonte: O autor.

A execução ficou a cargo dos chefes de máquinas, tanto com a embarcação atracada como em navegação, sendo constatada ao longo de sua realização, a necessidade de identificação visual das não conformidades encontradas. Para tal, foram desenvolvidas etiquetas de anomalias, exibidas na figura (13), de modo a evidenciar para todos colaboradores a condição do equipamento/componente, sendo as mesmas preenchidas pelo detector, que deve informar: embarcação, área, equipamento, TAG, data, número da etiqueta e descrição da anomalia.

Ressalta-se que assim como uma etiqueta pode ser originada dos checklists efetuados pelos operadores, mantenedores também poderão reportar anomalias por meio de suas etiquetas. Enfatiza-se que as etiquetas foram desenvolvidas e sua implantação foi programada para os próximos trabalhos embarcados, portanto, não foram gerados até o término da presente pesquisa, indicadores relacionados com as etiquetas.

Figura 13 - Etiquetas de Anomalias

The image shows two anomaly tags. The left tag is red and labeled 'ANOMALIA' at the top and 'MANUTENÇÃO' at the bottom. The right tag is blue and labeled 'ANOMALIA' at the top and 'OPERAÇÃO' at the bottom. Both tags have a hole punch at the top. The fields on both tags are: EMBARCAÇÃO/ÁREA: (text box), EQUIPAMENTO: (text box), TAG: (text box), DETECTOR: (text box), DATA: (text box) and Nº: (text box), and DESCRICÃO: (text box with a gear and ship icon). The 'MANUTENÇÃO' tag has a red background for the top and bottom sections, while the 'OPERAÇÃO' tag has a blue background for the top and bottom sections.

Fonte: O autor.

4.4.3.3. Manutenção Planejada

O pilar de manutenção planejada tem seu racional representado no *Framework* projetado, o qual inicia-se após aprovação de uma ordem de serviço (OS) e se dirige ao respectivo bloco, seja ele de manutenção preventiva, preditiva ou corretiva planejada; passando pelo equipamento em questão e encerrando com a conclusão da OS. Destaca-se, ainda, no pilar a lógica para a realização de análises de falhas, a qual ocorre em função da criticidade (inviabiliza a operação ou ameaça a segurança, meio ambiente e saúde).

Para o sucesso do pilar de manutenção planejada, foram definidas estratégias iniciais, tais como: elaboração e implementação de planos preventivos; padronização de procedimentos para análises de falhas; realização de paradas programadas de manutenção e aplicação de técnicas preditivas, as quais serão detalhadas a seguir.

A) Elaboração e implementação de planos preventivos:

Como primeira iniciativa de eliminação da dependência de manutenções essencialmente corretivas, planos de manutenção preventiva foram desenvolvidos para os equipamentos a partir de manuais técnicos. Sendo os trabalhos inicialmente direcionados àqueles com alta criticidade para as operações a bordo, com destaque para motores propulsores e auxiliares, caixas reversoras e centrais hidráulicas. Ao todo, foram desenvolvidos e implementados 36 planos preventivos, sendo 19 no NOc-AS, 14 no LEF-CMI e 3 na Lancha Larus, abrangendo 42 equipamentos das três embarcações da Frota, no quadro (10) é apresentado, como exemplo, o plano geral de manutenção dos MCP's do LEF-CMI.

Quadro 10 - Plano de Manutenção - MCP SCANIA DI13 - LEF-CMI

Nº	Atividade	Diária	Ao primeiro arranque	250 hrs	500 hrs	1000 hrs	2000 hrs	6000 hrs	A nualmente	A cada 5 anos
1	Sistema de lubrificação Verificação do nível de óleo	●	●							
2	Troca de óleo				●	●	●	●	●	
3	Limpeza do filtro de óleo centrífugo				●	●	●	●	●	
4	Substituição do filtro de óleo				●	●	●	●	●	
5	Sistema de arrefecimento Verificação do nível de líquido de arrefecimento	●								
6	Verificação de ânodos sacrificiais				●	●	●	●	●	
7	Verificação do impulsor da bomba de água salgada				●	●	●	●	●	
8	Verificação do anticongelante ou anticorrosivo no líquido de arrefecimento		●				●	●	●	
9	Limpeza do sistema de arrefecimento e troca de líquido de arrefecimento							●		●
10	Purificador de ar Leitura do vacuômetro	●								
11	Substituição do elemento do filtro						●	●		●
12	Substituição do cartucho de segurança						●	●		●
13	Sistema de combustível Verificação do nível de combustível	●	●							
14	Substituição do filtro de combustível					●	●	●		●
15	Informações diversas Verificação da correia de transmissão		●			●	●	●	●	
16	Verificação de vazamentos	●					●	●		
17	Verificação e ajuste das folgas das válvulas e injetores			●			●	●		

Fonte: O autor.

B) Procedimento Padrão para Análise de Falhas:

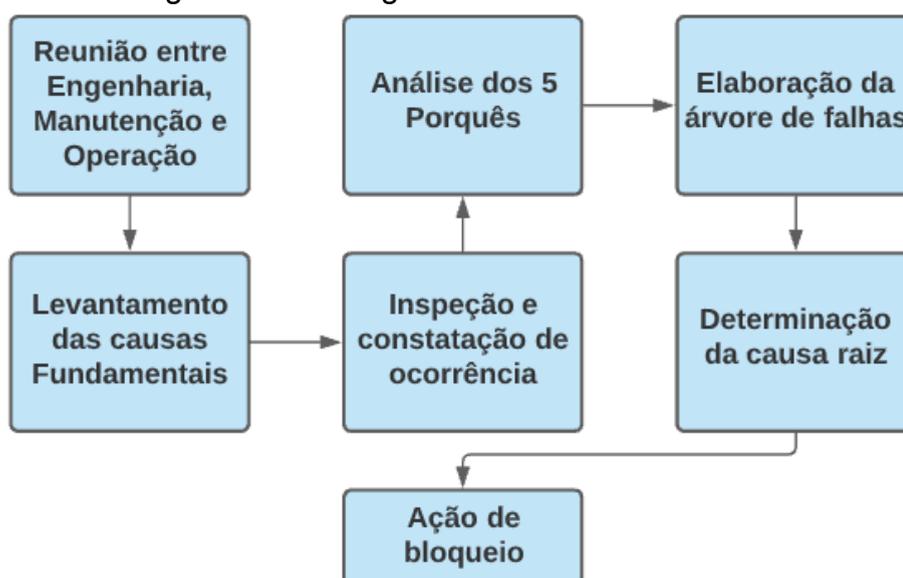
Conforme apresentado anteriormente, o cenário encontrado a bordo das embarcações caracterizava-se pela ausência de práticas de gestão da manutenção, no qual equipamentos críticos apresentavam falhas seguidamente, resultando na

necessidade da interrupção dos trabalhos de pesquisa e no retorno da embarcação para o porto de origem. Assim, aliado ao desenvolvimento dos planos preventivos, estudos de análise de falhas foram desenvolvidos, visando o bloqueio da causa-raiz dos eventos que impossibilitavam a operação de sistemas de propulsão e auxiliares.

O primeiro estudo de análise de falhas foi dirigido ao MCP MWM TD 440-8 do NOc-AS, relativo às falhas no sistema de arrefecimento que ocasionavam a expulsão de água pelo tanque de expansão e a queima das juntas de válvulas de segurança e de limpeza (rubinetes), inviabilizando a operação do motor. Ao passo que se evidenciou a causa-raiz para cada um dos eventos, buscou-se padronizar um método para avaliação de falhas nas embarcações da frota, tendo como modelo a análise efetuada no MCP.

Para o desenvolvimento da metodologia, foram realizadas consultas na literatura, que direcionaram a busca pela causa-raiz da falha dentro do menor tempo possível através da análise dos cinco porquês. Tal método tem como objetivo chegar nas causas fundamentais da falha por meio da execução de questionamentos sucessivos e filtragem das causas prováveis. Após o levantamento das causas fundamentais, inspeção e constatação de ocorrência, parte-se para a realização do estudo direcionado que visa o bloqueio da causa raiz, conforme apresentado no fluxograma a seguir.

Figura 14 - Fluxograma de Análise de Falhas



Fonte: O autor.

C) Manutenções Preditivas - Inspeções:

Ao passo que desenvolvidos planos preventivos para os equipamentos, em complemento, objetivou-se implementar o acompanhamento dos parâmetros de operação por meio de técnicas preditivas. Inicialmente, foram efetuadas inspeções com instrumentos cedidos ao DEM, com destaque para análises termográficas e videoscópicas; a figura (15) exhibe a coleta de informações no motor de combustão principal (MCP) do NOc-AS, como ferramenta de apoio para estudos de falhas.

Figura 15 - Análise termográfica (à esq.) e Videoscopia (à dir.) no MCP do NOc-AS



Fonte: O autor.

D) Manutenções Preditivas - Análise de Lubrificantes Usados:

Tendo em vista que máquinas e lubrificantes começam a deteriorar a partir do início de sua operação, julgou-se importante o monitoramento contínuo dos lubrificantes usados, buscando garantir aumento da vida útil dos equipamentos e do tempo de serviço dos lubrificantes. Assim sendo, em seguida às inspeções preditivas preliminares, deu-se início ao programa de implementação de análise de lubrificantes usados, direcionado aos equipamentos críticos, tanto para a navegação, quanto para os trabalhos de pesquisa a bordo.

Com base na literatura e nos sistemas a bordo, foram selecionados os parâmetros de acompanhamento para cada grupo de equipamentos. O quadro (11)

apresenta os ativos monitorados pelo programa de análises, ao passo que o quadro (12) exhibe os ensaios efetuados para cada grupo de equipamentos.

Quadro 11 - Equipamentos monitorados pela análise de lubrificantes usados

Embarcação	Motores Diesel Principais e Auxiliares	Caixas Reversoras e Redutores	Sistemas e Centrais Hidráulicas
NOc-AS	MCP MWM TD 440-8 MCA-1 MWM TD 232-12 MCA-2 MWM D 225-6 MCA-3 MWM D 225-6 MCA-4 Scania DS11	CR-Reintjes Redutor Molinete Redutor MCA-1	Sistema Hidráulico Principal CH-Leme CH-Guindaste Munck CH-Guincho
LEF-CMI	MCP-BB Scania DI13 MCP-BE Scania DI13 MCA-BB John Deere MCA-BE John Deere	CR-BB Twin Disc CR-BE Twin Disc	CH-Leme CH-Guindaste Munck CH-Guinchos
LPL	MCP-BB Mercedes-Benz OM 366-LA MCP-BE Mercedes-Benz OM 366-LA	CR-BB ZF-220 CR-BE ZF-220	Sistema Hidráulico Principal
TOTAL	11	7	8

Fonte: O autor.

Quadro 12 - Ensaios para cada grupo de equipamentos

Ensaio	Motores Diesel Principais e Auxiliares	Caixas Reversoras e Redutores	Sistemas e Centrais Hidráulicas
Espectrometria	X	X	X
Análise de Infravermelho	X	X	X
Viscosidade a 40°C	X	X	X
Viscosidade a 100°C	X		
Índice de basicidade (TBN)	X		
Índice de acidez (TAN)		X	X
Porcentagem de água	X	X	X
Ponto de Fulgor	X		
Contagem de partículas			X

Fonte: DEM - Frota FURG.

Ao longo da presente pesquisa, foram realizadas mais de cinquenta análises de lubrificantes usados, que trouxeram como principais ganhos para a Coordenação da Frota: garantia de integridade de componentes internos dos equipamentos monitorados, otimização do planejamento da manutenção e elevação da segurança nas operações.

E) Paradas Programadas de Manutenção e Docagens:

No primeiro semestre de 2019, foi realizado o planejamento e a execução da parada programada de manutenção do NOc-AS, a primeira da frota até então, a qual visou garantir o controle das intervenções na embarcação, de modo a atingir patamar próximo ao do LEF-CMI. O planejamento foi desenvolvido a partir de reuniões entre o DEM, Coordenação de Frota e tripulantes (Comandante e Chefe de máquinas), em que delimitou-se o escopo da parada e o cronograma de trabalho, bem como nivelaram-se os recursos necessários para a execução dos serviços junto às empresas terceirizadas. Na oportunidade, foram executadas reformas estruturais, hidráulicas, elétricas e em motores de propulsão e auxiliares.

Nada obstante, no mesmo ano foi dado início ao planejamento de docagem da Lancha Larus, com o intuito de atingir níveis de controle semelhantes aos dos navios. Com serviços e recursos mapeados, atualmente (05/2021), a realização da parada programada da Lancha depende apenas de processos licitatórios, e tem previsão de execução no segundo semestre de 2021. Cabe ressaltar que, além de serviços característicos de docagem, estão programadas manutenções corretivas nas duas caixas reversoras, baseadas também no monitoramento da degradação de componentes internos, pela análise de lubrificantes usados.

No primeiro semestre de 2020, foi executado o planejamento para a docagem obrigatória do LEF-CMI, a primeira da embarcação, construída em 2017 e a segunda parada programada de manutenção da frota sob responsabilidade do DEM. A execução dos serviços ocorreu entre os meses de outubro e novembro do mesmo ano, em Navegantes-SC, e foi acompanhada pelo departamento de forma remota e presencial. No quadro (13) são apresentados os principais marcos das paradas

programadas, sendo duas realizadas no período, no NOc-AS e no LEF-CMI, com a parada da LPL prevista para o segundo semestre de 2021.

Quadro 13 - Cronograma e marcos de paradas

Embarcação	Período	Principais Marcos
NOc-AS	01/2019 a 06/2019	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços obrigatórios de docagem; - Reparos e substituição de chapas do casco; - Substituição de tubulações comprometidas; - Jateamento do convés principal; - Reformas estruturais no casario; - Adequações no sistema elétrico; - Reformas nos cinco motores de combustão.
LEF-CMI	10/2020 a 11/2020	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços obrigatórios de docagem; - Substituição de tubulações comprometidas; - Jateamento dos conveses superior e principal; - Limpeza, tratamento e pintura de dalas; - Reparo nos acoplamentos dos eixos propulsores; - Instalação de sistema de lubrificação de eixos.
LPL	Previsto para segundo semestre de 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços obrigatórios de docagem; - Reparos pontuais em fibra no casco e conveses; - Substituição de tubulações comprometidas; - Reforma e adequação no sistema elétrico; - Substituição do sistema de arrefecimento; - Fabricação de berço para âncora; - Revisão de caixas redutoras.

Fonte: O autor.

4.4.4. Consolidação do Programa

Os êxitos obtidos e as dificuldades encontradas em cada pilar do TPM culminaram na última etapa do programa de implementação, a qual está intimamente ligada às metas estabelecidas para os mesmos. Destaca-se que o término da implementação não coincide com o encerramento da presente pesquisa, e entende-se que para a consolidação do programa se tornar efetiva, aspectos fundamentais devem ser trabalhados e mantidos.

Por conseguinte, verifica-se ser necessária a operacionalização completa das funcionalidades do SIGMAN, em especial o levantamento de indicadores, para que assim sejam eliminadas perdas ainda presentes nos processos de gestão da manutenção; a execução dos estudos de melhoria propostos pelo DEM, de modo a elevar a eficiência de sistemas da LPL e do LEF-CMI; e, por fim, a continuidade do

apoio da Universidade à Coordenação da Frota, mantendo e se possível ampliando a estrutura do DEM, na forma de bolsas e de instrumentos de medição. No quadro (14), são apresentados os pilares e o status de cada meta ao término da presente pesquisa.

Quadro 14 - Pilares, metas e seus *status*

Pilares	Metas	Status
Manutenção Planejada	Reduzir paradas não programadas	Totalmente atingido
Manutenção Autônoma	Aprimoramento do ambiente operacional	Totalmente atingido
Melhoria Específica	Aumento da eficiência dos equipamentos	Parcialmente atingido
Controle Inicial	Reduzir falhas na partida de novos equipamentos	Parcialmente atingido
Educação e treinamento + segurança	Integração para elevação do nível de capacitação	Totalmente atingido

Fonte: O autor.

Sendo assim, enfatizam-se como principais resultados do presente estudo a retomada da operação do NOc-AS, com ganhos significativos de disponibilidade da embarcação (de 45,19% para 96,97%), e a sustentação da disponibilidade do LEF-CMI e da LPL ao longo dos últimos anos, resultando na elevação do indicador da Frota da FURG de 30% para 92%, sendo essa calculada por meio da multiplicação simples entre os valores anuais de cada embarcação.

Nas tabelas (1, 2, 3 e 4), são apresentadas as disponibilidades (dias de mar trabalhados divididos por dias de mar planejados) de cada embarcação, bem como o valor global para a Frota, durante janeiro de 2018 e maio de 2021.

Tabela 1 - Disponibilidade NOc-AS

	2018	2019	2020	2021
Saídas realizadas	3	1	2	1
Dias de mar trabalhados	61	31	47	32
Dias de mar planejados	135	40	51	33
Disponibilidade	45,19%	77,50%	92,16%	96,97%

Fonte: O autor.

Tabela 2 - Disponibilidade LPL

	2018	2019	2020	2021
Saídas realizadas	28	25	2	--
Dias de mar trabalhados	61	56	4	--
Dias de mar planejados	84	70	4	--
Disponibilidade	72,62%	80,00%	100,00%	--

Fonte: O autor.

Tabela 3 - Disponibilidade LEF-CMI

	2018	2019	2020	2021
Saídas realizadas	8	33	2	--
Dias de mar trabalhados	19	88	6	--
Dias de mar planejados	21	93	6	--
Disponibilidade	90,48%	94,62%	100,00%	--

Fonte: O autor.

Tabela 4 - Disponibilidade Frota FURG

	NOc-AS	LEF-CMI	Larus	TOTAL
2018	45,19%	90,48%	72,62%	30%
2019	77,50%	94,62%	80,00%	59%
2020	92,16%	100,00%	100,00%	92%
2021	96,97%	-	-	96,97%

Fonte: O autor.

Durante os meses de abril de 2020 e maio de 2021, as embarcações não foram solicitadas como de costume em virtude das restrições impostas pela pandemia de Coronavírus, fato que acabou impactando diretamente na utilização das mesmas; destaca-se que em 2021 não foram gerados índices de disponibilidade para o LEF-CMI e para a LPL, uma vez que as embarcações não desatracaram no período.

Além da disponibilidade, pôde-se avaliar os custos de maneira global para o NOc-AS, em relação aos dias de mar trabalhados. Tendo como valor médio para a diária da embarcação de R\$30.000 reais, estimou-se os valores não movimentados pela indisponibilidade da embarcação, apresentados na tabela a seguir.

Tabela 5 - Estimativa de valores não movimentados

	2018	2019	2020	2021
Dias não trabalhados	74	9	4	1
Valor não movimentado	R\$2.220.000,00	R\$270.000,00	R\$120.000,00	R\$30.000,00

Fonte: O autor.

Destaca-se o impacto da indisponibilidade no valor não movimentado em cruzeiros de pesquisa entre os anos de 2018 e 2021, sendo o mesmo reduzido em 98,65%, oportunizando para Universidade e pesquisadores maior volume de dados científicos, alocação de recursos para projetos de pesquisa, sustentação dos custos operacionais e realização de melhorias na embarcação.

5. DISCUSSÃO

O *framework* projetado para o caso em questão contempla especificidades e restrições particulares. Todavia, entende-se que sua estrutura pode ser utilizada como referência para o desenvolvimento do TPM em organizações similares. No quadro a seguir, é discutido de forma resumida um comparativo entre cenários: antes e depois de cada pilar do *framework* implementado.

Quadro 15 - Comparativo entre cenários

Pilar	Antes (2018)	Depois (2021)
Manutenção Planejada	Sistema de Manutenção Reativo Disponibilidade Frota = 30%	Sistema de Manutenção Proativo Disponibilidade Frota = 92%
Manutenção Autônoma	Sem padrão definido Cultura contrária ao TPM Moral das equipes comprometida	Checklists de inspeção Cultura alinhada ao TPM Moral das equipes restabelecida
Melhoria Específica	Predomínio de ações corretivas, sem espaço para desenvolvimento de melhorias.	Espaço para proposição de melhorias Análise técnica e participação de todos os colaboradores
Controle Inicial	Equipamentos em início de vida útil apresentavam falhas crônicas	Estabelecido como procedimento padrão Não evidenciadas falhas na operação do compressor CMAV
Educação, Treinamento e segurança.	Não estavam presentes na cultura de manutenção encontrada	Integração das áreas Capacitação das equipes Treinamentos de segurança

Fonte: O autor.

Nos tópicos que seguem, será aprofundada a discussão dos resultados, tal qual segmentada na forma dos cinco pilares fundamentais do TPM, e também no apontamento dos fatores determinantes para o sucesso do presente trabalho.

5.1. MANUTENÇÃO PLANEJADA

Através do desenvolvimento de planos preventivos e de análises de falhas, foi possível migrar de um sistema de manutenção reativo para um sistema proativo, reduzindo custos não-previstos e aumentando a disponibilidade das embarcações. Tinga et. al (2017) enfatiza que a dependência exclusiva de estratégias preventivas acarreta em elevados custos de manutenção, seja pelo conservadorismo nos intervalos de substituição, ou pelo elevado volume de sobressalentes, afetando ainda a disponibilidade de sistemas pela necessidade de parada para intervenção nos equipamentos. Dessa forma, de encontro ao autor, que propõe como solução aliar técnicas preditivas, foram incorporadas inspeções e ensaios, visando reduzir desperdícios e custos, além de assegurar maior disponibilidade pela previsibilidade das falhas e por não requisitarem a parada dos equipamentos.

Para a realização das análises de lubrificantes usados, a Frota possui contrato vigente com laboratório especializado, garantindo a continuidade das coletas de informações contidas nos óleos utilizados nos sistemas críticos a bordo.

Enquanto para as inspeções preditivas, foram efetuadas avaliações do custo-benefício de diferentes modelos de termógrafos e videoscópios, sendo as mesmas repassadas para a administração da Universidade, de modo que a Frota vislumbre autonomia para a realização de inspeções. Ressalta-se a importância da sequência das técnicas preditivas, de modo a possibilitar agilidade na tomada de decisão pelo DEM e, conseqüentemente, assegurar maior disponibilidade e segurança nas operações a bordo.

Outra estratégia para minimizar os impactos na disponibilidade dos ativos, gerados pelas interrupções na operação para a execução de tarefas preventivas, é as docagens obrigatórias, também denominadas de paradas programadas de manutenção. Nessas janelas, as embarcações ficam indisponíveis, ficando sob responsabilidade do estaleiro e do DEM seguir as normas da Marinha do Brasil, realizando testes, inspeções e manutenções específicas, além da inserção de serviços de oportunidade e melhorias no escopo da parada pelos planejadores.

5.2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Os procedimentos do pilar de manutenção autônoma, compreendidos pela padronização das práticas de lubrificação e pelos *checklists* e etiquetas, foram responsáveis pela mudança de pensamento dos operadores, os quais passaram a se sentir “donos” dos equipamentos, tendo atenção aos detalhes e reportando quaisquer anomalias detectadas.

De modo a explicitar a mudança de cultura a bordo, através do aprimoramento do ambiente operacional, tomou-se nota dos comentários efetuados por manutentores e operadores (comandantes, chefes de máquinas e demais operadores) nos dois cenários, antes e após a implementação do *framework* projetado, sendo o compilado das frases mais relevantes, expresso no quadro a seguir.

Quadro 16 - Frases ditas por colaboradores

Cenário Inicial (2018)	Cenário Atual (2021)
<p>“Nunca troquei, sempre foi feito assim e está aí até hoje”</p> <p>Frase dita por manutentor, sobre avaliação da substituição de carga de óleo hidráulico.</p>	<p>“A chegada do DEM e o desenvolvimento do projeto melhorou muito às condições dos equipamentos a bordo”</p>
<p>“Pra quê mexer se está funcionando.”</p> <p>Comentário efetuado por operador, sobre decisão do DEM de revisar motor de combustão auxiliar, com base em laudo de análise de lubrificante que apontou elevado índice de particulado metálico.</p>	<p>“A realização da lubrificação e das manutenções preventivas e preditivas diminuiu o número de falhas”</p>
<p>“Isso não serve pra nossa realidade”</p> <p>Frase dita por operador ao ser apresentado às técnicas preditivas.</p>	<p>“Nossos pedidos e reclamações passaram a ser avaliados e tratados”</p>

Fonte: O autor.

5.3. MELHORIA ESPECÍFICA

A etapa de introdução ao TPM tem como premissa o início das atividades de melhorias nos equipamentos, que segundo Fogliatto e Ribeiro (2011), devem ser definidas através do índice IROG (Índice de Rendimento Operacional Global), (do inglês OEE - *Overall Equipment Effectiveness*), o qual, por definição, consiste no produto da disponibilidade pelas taxas de velocidade e de qualidade. Por se tratar de um indicador voltado para sistemas de produção, fez-se necessário reavaliar os critérios para análise de atividades de melhoria, visto que não se identificou a aplicabilidade do IROG até o presente momento, para o caso em questão. Dessa forma, optou-se pela análise dos sistemas, levando em conta questões como o histórico recente dos equipamentos, redundância na operação e possíveis riscos à segurança, meio ambiente e saúde.

Enfatiza-se que dois significativos projetos de melhoria não foram implantados pela ausência de recursos, no caso da centrífuga de óleo diesel do LEF-CMI, e por atrasos na docagem da LPL, o que inviabilizou a alteração do sistema de arrefecimento convencional, para o modelo de quilha. Como consequência, foram observadas perdas de eficiência dos sistemas mencionados, que resultaram na queda do desempenho de motores propulsores e auxiliares (menor velocidade de cruzeiro da embarcação e deficiência energética).

Assim, entende-se que o pilar trouxe resultados parciais e que existe lacuna para evolução, sendo necessário para isso, o aporte de recursos e a resolução de pendências burocráticas. Com a execução dos projetos mencionados, será permitido que os equipamentos atinjam tempos de operação elevados, otimizando a frequência de manutenção e aumentando a eficácia dos mesmos, estando em concordância com Raouf (1994).

5.4. CONTROLE INICIAL

Conforme abordado anteriormente, dos cinco equipamentos requisitados para aquisição, apenas o compressor de ar para serviços gerais foi adquirido e instalado, sendo devidamente efetuado o procedimento padrão de controle inicial do ativo. A

posta em marcha ocorreu em agosto de 2019 e, desde então, até o presente momento o equipamento não apresentou falhas, tampouco anomalias em sua operação.

Destaca-se que de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011), o controle inicial de equipamentos é responsável por garantir a performance definida pelo fabricante do ativo, trazendo benefícios como maior disponibilidade e menor custo de manutenção, premissas estas que vão ao encontro dos resultados obtidos no controle efetuado sobre a operação do compressor CMAV.

5.5. EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E SEGURANÇA

O investimento nas pessoas em forma de capacitação se deu por meio da integração entre as áreas de engenharia, operação e manutenção, sendo fundamental para a sustentação do *framework* projetado e para a elevação da segurança a bordo, baseando-se no compartilhamento de experiências, de conhecimento técnico e de novas tecnologias.

Com os treinamentos específicos (fundamentos do TPM, capacitação no SIGMAN, e sistemas de propulsão e auxiliares), foi permitido nivelar conceitos e práticas necessários para a operacionalização do TPM, entre estagiários, manutentores e operadores. Com os treinamentos de segurança pôde-se introduzir a temática de SMS no pilar de educação e treinamento, de modo a delimitar o *framework* em cinco pilares, sem deixar de abordar a segurança nas embarcações da FURG.

Assim, entende-se que para o êxito do programa deve-se manter e ampliar os treinamentos para todas as áreas, em especial a capacitação de tripulantes e manutentores, no que se refere principalmente às novas tecnologias disponíveis para a manutenção. Da mesma forma que Wyrebski (1997) destaca em sua obra, em que o investimento na capacitação dos colaboradores deve ser contínuo, pelo fato do TPM exigir elevado empenho e dedicação dos envolvidos.

5.6 FATORES DE SUCESSO

Com base nas discussões apresentadas anteriormente e nos resultados obtidos, é necessário apontar os fatores de sucesso que suportaram os estudos e possibilitaram as condições necessárias de implementação do *framework* projetado para o TPM na Frota.

- A) Apoio da alta gerência (Reitoria e Comitê Gestor da Frota): Se deu através da autonomia para o desenvolvimento do projeto, da valorização dos esforços das equipes a bordo e em terra e do aporte financeiro para execução de manutenções de rotina e de paradas programadas.

- B) Dedicção das equipes a bordo e em terra: Manifestada por meio do entendimento da importância do papel de cada colaborador para o sucesso do programa; da participação e comprometimento dos membros com os treinamentos; além do empenho dos mesmos na realização de suas atribuições.

- C) Estruturação dos pilares de manutenção planejada e autônoma: Estabelecida devido ao pronto atendimento de anomalias em equipamentos críticos; à elaboração e implementação dos planos preventivos; à previsibilidade oportunizada pelas técnicas preditivas utilizadas; à lubrificação autônoma e aos checklists de inspeção.

Os fatores de sucesso identificados para o TPM na Frota vão ao encontro da pesquisa desenvolvida por Gupta et al. (2015), à qual enfatiza que a implementação do TPM requer esforços consistentes de todos os funcionários, desde a alta administração até os operadores de chão de fábrica, e que os três primeiros fatores de sucesso para o TPM nas indústrias indianas foram:

- A) Forte compromisso da alta administração;
- B) Envolvimento total do funcionário;

C) Implementação eficaz das iniciativas do TPM, seu monitoramento e acompanhamento.

Entende-se que a estruturação dos pilares de manutenção planejada e autônoma está alinhada ao terceiro fator de sucesso exposto pelos autores, uma vez que foi garantida por meio da aplicação do *framework* desenvolvido para o TPM, tendo sua eficácia medida pelos resultados obtidos com o presente trabalho.

Por fim, verificou-se que os fatores de sucesso possuem relação direta com os motivos para o fracasso do TPM, levantados por Hatakeyama e Rodrigues (2006). Uma vez que, assim como o apoio da alta gerência e o envolvimento dos colaboradores potencializam os programas de implantação, acabam inviabilizando os mesmos se não estiverem presentes na rotina.

6. CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo geral deste trabalho, que é elevar a disponibilidade das embarcações de pesquisa e ensino da frota da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, verificou-se que o mesmo foi atingido plenamente, com o ganho de disponibilidade da frota, que variou de 30% em junho de 2018 (início da pesquisa), a 92% em dezembro de 2020.

Por impulso, com a disseminação da cultura do TPM, foi possível aprimorar o ambiente operacional, tendo como base o pilar de manutenção autônoma e a integração entre as áreas de engenharia, manutenção e operação. O envolvimento de todas as áreas na gestão das máquinas trouxe como benefícios diretos para o programa: a otimização das atividades de planejamento da manutenção, com base na experiência dos colaboradores e nos requisitos técnicos; a elevação dos níveis de capacitação das equipes, tanto tecnicamente como em aspectos de segurança; a padronização dos procedimentos de manutenção autônoma, aproximada da realidade da operação; além do desenvolvimento conjunto de estudos de melhoria e análise de falhas.

Após efetuar o diagnóstico do cenário inicial, entendendo de forma aprofundada a realidade da manutenção na Frota, aliou-se às particularidades do setor os conceitos fundamentais do TPM para desenvolver um *framework* aplicável. A elaboração do novo modelo de gestão para a manutenção foi fundamental para a obtenção dos resultados, posto que serviu de guia para as etapas de implementação do programa, facilitando o entendimento por todos os colaboradores e trazendo a identidade visual clássica do TPM para o projeto.

Dessa forma, entende-se que com a aplicação do *framework* foram oportunizados avanços representativos na gestão da manutenção na Frota da FURG, trazendo ganhos tangíveis (disponibilidade e conseqüente estabilidade das pesquisas, além da redução em 98,65% das perdas financeiras no caso do NOc-AS), e intangíveis, tais como: aprimoramento do ambiente operacional por meio da mudança da cultura embarcada e capacitação dos colaboradores com base na integração entre as áreas.

Outrossim, para a obtenção dos resultados, destaca-se que aliado ao projeto e à aplicação do framework, fatores de sucesso foram determinantes. Os mesmos na forma do apoio da alta gerência, da dedicação das equipes e da estruturação dos pilares de manutenção planejada e autônoma, foram observados na presente pesquisa e apresentam potencial de validação para estudos semelhantes, que possam ser realizados futuramente.

Por se tratar de uma filosofia desenvolvida para sistemas produtivos industriais, a implementação do TPM em embarcações de pesquisa e ensino necessitou adequações. No ponto, desenvolveu-se um projeto de gestão e controle da manutenção adaptado para o caso em questão, com potencial de aplicação para outras classes de embarcações. Acredita-se, portanto, que com base nos resultados atingidos e nas discussões apresentadas, a presente pesquisa vem a colaborar com a literatura acerca da Manutenção Produtiva Total, tendo ênfase no segmento de manutenção naval.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao encontro do que foi desenvolvido e implementado neste trabalho, sugerem-se como possíveis trabalhos futuros:

- Consolidação do Programa e avaliação da implementação dos pilares restantes do TPM (Manutenção da Qualidade, TPM em escritórios e Segurança, Meio Ambiente e Saúde);
- Avaliação e desenvolvimento de históricos robustos para implementação de manutenção centrada em confiabilidade em sistemas de elevada criticidade das embarcações da Frota da FURG;
- Implementação do *Framework* projetado como guia de gestão da manutenção para outras classes de embarcações.

REFERÊNCIAS

ALHOULI, Y.; ELHAG, T.; ALARDHI, M.; ALAZEMI, J. **Development of Conceptual Framework for Ship Maintenance Performance Measurements**. Journal of Mechanical Engineering and Automation, Volume 7, Number 3, páginas 63-71, 2017.

BLOCH Heinz P.; GEITNER, Fred K. **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting** - Volume 2. Houston: Gulf Publishing Company. 1997.

CARBÓ, H. M. **Aços inoxidáveis: aplicações e especificações**. ArcelorMittal, 2008.

CASSANDRE, M. P.; GODOI, C. K. **Metodologias intervencionistas da teoria da atividade histórico-cultural: abrindo possibilidades para os estudos organizacionais**. Revista Gestão Organizacional, v. 6, n. 3, p. 11-23, 2013.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus; Elsevier, 2011.

GEREMIA, C.F. **Desenvolvimento de programa de gestão voltado à manutenção das máquinas e equipamentos e ao melhoramento dos processos de manufatura fundamentado nos princípios básicos do TPM**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001. 211p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2845/000326846.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

GERHADT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009. 120 p.

GUPTA, P., S. VARDHAN, and M. S. AL HAQUE. **“Study of Success Factors of TPM Implementation in Indian Industry towards Operational Excellence: An Overview.”** Industrial Engineering and Operations Management, 2015.

IRFAN, U.; FAN, Y.; REHANULLAH, K.; LING, L.; HAISHENG, Y.; BING, G.; KAI, S.; **Predictive Maintenance of Power Substation Equipment by Infrared Thermography Using a Machine-Learning Approach.** Energies, 10, 1987, páginas 1-13, 2017.

KARANOVIĆ, V. V., JOCANOVIĆ, M. T., WAKIRU, J. M., & OROŠNJAK, M. D. **Benefits of lubricant oil analysis for maintenance decision support: A case study.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 393(1), 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica.** 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

KARCZEWSKI, Z. **Endoscopic diagnostics of marine engines,** Diagnostyka, 3(47), páginas 19-23, 2008.

MORAES, P. H. A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Departamento de Economia, Contabilidade e Administração - ECA da Universidade de Taubaté, 2014, 34 p. (Dissertação de Mestrado)

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM.** Productivity Press. Portland: OR, 1988.

NBR 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade.** 1994.

NGUYEN, V. H. **Optimal Ship Maintenance Scheduling Under Restricted Conditions and Constrained Resources.** 2017.

NOGUEIRA, O. C.; REAL, M. V. **Estudo de Motores Marítimos Através da Análise de Lubrificantes Usados e Engenharia de Confiabilidade**. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/2567>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

OLARTE, W., BOTERO, M.; ZABALETA, B.; **Aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo**. Scientia et Technica Año XVI, No 48, Universidad Tecnológica Pereira, Agosto de 2011.

RAOUF, A., (1994), **Improving Capital Productivity through Maintenance**, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14 Iss 7 pp. 44 - 52

RODRIGUES, A. de J. **Metodologia científica**. 2006.

RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K.; **Analysis of the fall of TPM in companies**, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 176, p. 276-279 . 2006

TAKAHASHI, Y ; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. 2.ed. São Paulo: Instituto IMAN, 2000.

TAM, K.; JONES, K. **Cyber-Risk Assessment For Autonomous Ships**. 2017.

TINGA, T.; TIDDENS, W, AMORALIS, F.; POLITIS, M. **Predictive Maintenance of Maritime Systems: Models and Challenges**. 27th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2017), Portoroz, Slovenia, 2017.

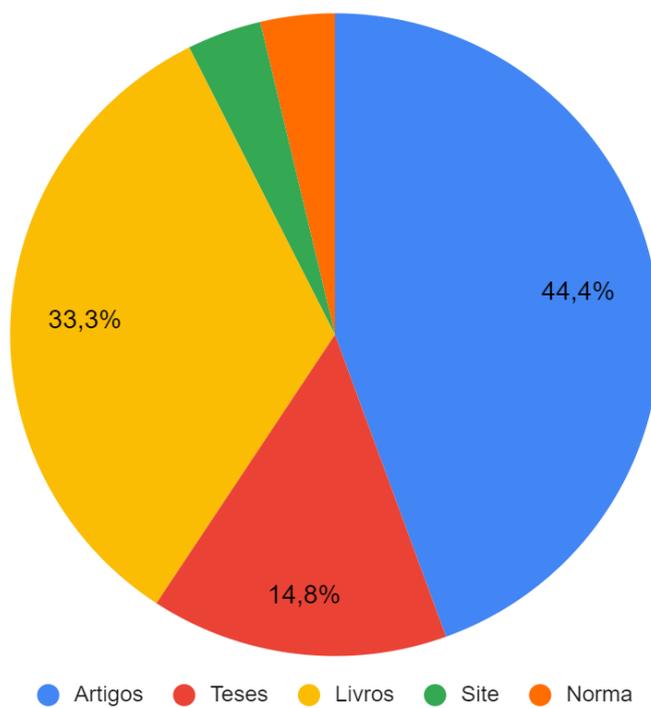
TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educ. Pesqui. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, Dez. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ep/a/3DkbXnqBQyq5bV4TCL9NSH/abstract/?format=html&lang=pt>> Acesso em: 10 maio 2021.

VIANA, H. R. G. PCM, **Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

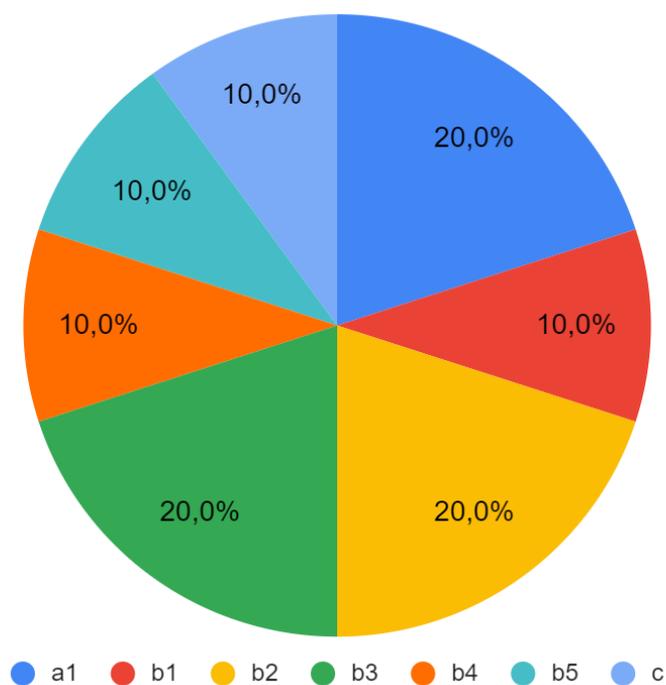
XAVIER, J. N. **Manutenção – tipos e tendências**. 2015. Disponível em: <<http://www.tecem.com.br/wp-content/uploads/2015/02/GP003-MANUTEN%C3%87%C3%83O-TIPOS-E-TEND%C3%8ANCIAS-Julio-Nascif.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

WYREBSKI, Jerzy. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO**. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 set. 2020.

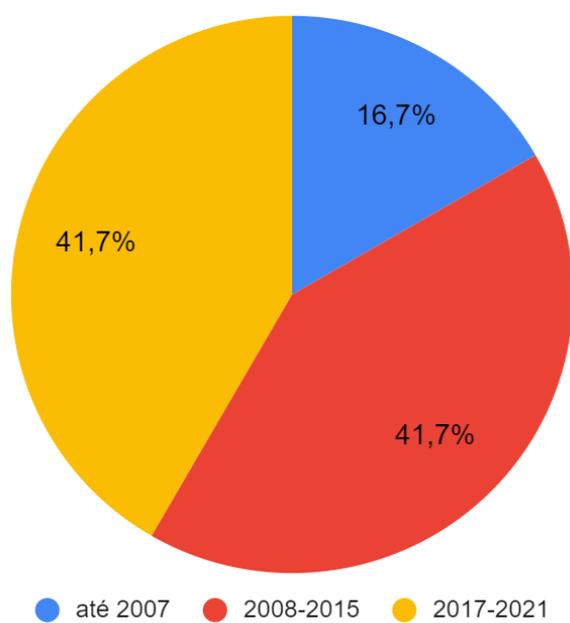
REFERÊNCIAS POR ESTRATO



REFERÊNCIAS POR QUALIS



REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS





MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Controle de Sugestões de Melhorias



Embarcação: AS () CMI () LL ()

Área: PM () Convés () Outro ()

APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE MELHORIAS

Item	Sugestão Descrição objetiva da proposta	Quem? Sugeriu	Onde? Equipamento e Localização	Porque? Benefícios da proposta	Como? Providências Necessárias	Responsável Execução	Status OK / Cancelado
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							