

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA – CAMPUS MACAÉ
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATHÁLIA DE ABREU BRAGA BARBOSA

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
PRODUTIVA TOTAL (TPM): UM ESTUDO NO LABORATÓRIO DO PROJETO
BAJA DA UFRJ CAMPUS MACAÉ**

MACAÉ
2023

NATHÁLIA DE ABREU BRAGA BARBOSA

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
PRODUTIVA TOTAL (TPM): UM ESTUDO NO LABORATÓRIO DO PROJETO
BAJA DA UFRJ CAMPUS MACAÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
submetido ao Corpo Docente da Engenharia de
Produção do Campus Macaé da Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheira de
Produção.

Orientador: Prof. D.Sc. Thiago Gomes de
Lima

MACAÉ

2023

CIP - Catalogação na Publicação

B238

Barbosa, Nathália de Abreu Braga

Proposta de implementação do programa de manutenção produtiva total (TPM) :
um estudo no laboratório do projeto Baja da UFRJ Campus Macaé /
Nathália de Abreu Braga barbosa - Macaé, 2023.

73 f.

Orientador(a): Thiago Gomes de Lima.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia de Produção, 2023.

1. Manutenção produtiva total. 2. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
3. Engenharia de Produção. I. Lima, Thiago Gomes de, orient. II. Título.

CDD 620

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
PRODUTIVA TOTAL (TPM): UM ESTUDO NO LABORATÓRIO DO PROJETO
BAJA DA UFRJ CAMPUS MACAÉ**

NATHÁLIA DE ABREU BRAGA BARBOSA

Orientador: D. Sc.

Aprovada em / /

Orientador: Prof. D.Sc. Thiago Gomes de Lima
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Membro Interno Profa. D.Sc Milena Estanislau Diniz Mansur dos Reis
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Membro Interno: Prof. Msc. Matheus Ferreira de Barros
Universidade Federal do Rio de Janeiro

MACAÉ

2023

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente aos meus pais, João Francisco e Luiza Helena, por terem tornado possível meu ingresso no curso de Engenharia de Produção e por terem pavimentado todos os caminhos para que eu chegasse até sua conclusão. Obrigada pelas abdições, pelo apoio incessante e por acreditarem no meu potencial, minhas habilidades e confiarem em mim. Todas as minhas conquistas serão eternamente nossas e parte do meu diploma também será de vocês.

A todo o corpo docente de engenharia da UFRJ Macaé que contribuiu para minha formação, repassando seus conhecimentos com excelência e humanidade. Aos meus amigos e colegas de faculdade, obrigada pelo apoio, conhecimentos e momentos compartilhados, tanto de felicidade quanto de angústia.

Agradeço a Ana Beatriz e Letícia que compartilharam da ideia inicial desse tema junto comigo e gentilmente permitiram que fosse meu tema de TCC. Obrigada a toda equipe do projeto Baja da UFRJ Macaé, principalmente ao Luiz Gustavo e Pâmela por terem contribuído com as informações relevantes para esse trabalho.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus por sua infinita bondade e por ter abertos os caminhos que me tornarão bacharela em Engenharia de Produção.

RESUMO

A manutenção produtiva total, habitualmente chamada de TPM, do inglês *total productive maintenance*, é um método de gestão que visa aumentar a qualidade do ambiente de trabalho por meio do aperfeiçoamento de processos produtivos. Este trabalho teve como objetivo analisar o funcionamento do laboratório utilizado pela equipe de competição Baja e propor a aplicação de uma filosofia de gestão da manutenção. Portanto, adotou-se um estudo de caso no laboratório em questão, vinculado ao Instituto Politécnico do Centro Multidisciplinar UFRJ Macaé. Após uma análise detalhada do laboratório, foi considerada a aplicação da TPM e do 5S em quatro eixos estratégicos do laboratório (armários, máquinas, EPI's e na padronização dos processos internos). Foi analisado o tratamento de desperdícios, com ênfase na mudança de *layout* e finalmente foi proposto um programa de implantação da TPM dividido em sete etapas, a saber: lançamento da campanha; organização para implementação, diretrizes e metas; capacitação dos colaboradores; implementação da manutenção autônoma; implementação da manutenção planejada e consolidação do programa. As alternativas desenvolvidas relacionaram a aplicação dos oito pilares da TPM, os cinco sentidos e, ainda, contemplou propostas que visam a redução dos desperdícios de movimentação e transporte. A pesquisa conclui que a implementação do Programa de TPM se mostra promissora para o laboratório utilizado pela equipe Baja da UFRJ Macaé. Recomendações para gestores, integrantes de projetos de competição e projetistas foram apresentadas.

Palavras-chave: 5S; Gestão da Manutenção; Manutenção Produtiva Total; Baja; Melhoria Contínua, TPM

ABSTRACT

Total productive maintenance, usually called TPM, is a management method that aims to increase the quality of the work environment by improving production processes. This work aimed to analyze the operation of the laboratory used by the Baja competition team and propose the application of a maintenance management philosophy. Therefore, a case study was adopted in the laboratory in question, linked to the Polytechnic Institute of the Multidisciplinary Center UFRJ Macaé. After a detailed analysis of the laboratory, the application of TPM and 5S was considered in four strategic axes of the laboratory (cabinets, machines, PPE and the standardization of internal processes). Waste treatment was analyzed, with emphasis on layout changes, and finally a TPM implementation program divided into seven stages was proposed (campaign launch, organization for implementation, guidelines and goals, employee training, implementation of autonomous maintenance, implementation of planned maintenance and consolidation of the program). The alternatives were related to the application of the eight pillars of TPM, the five senses, and also include proposals aimed at reducing movement and transportation waste. The research concludes that the implementation of the TPM Program is promising for the laboratory used by the Baja team at UFRJ Macaé. Some recommendations for managers, members of competition projects and engineers have been described.

Palavras-chave: 5S; Maintenance management; Total productive maintenance; Low; Continuous Improvement, TPM

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo: evolução da manutenção.....	17
Figura 2 – Curva da banheira	19
Figura 3 – Pilares da TPM.....	22
Figura 4 – Pilares da TPM com base 5S.....	32
Figura 5 – Competição Baja SAE BRASIL	34
Figura 6 – Representação do laboratório utilizado pelo Baja.....	38
Figura 7 – Avisos na porta de saída do laboratório para a oficina	39
Figura 8 – Organograma da equipe	40
Figura 9 - Máquinas disponíveis no laboratório.....	41
Figura 10 – Armário administrativo	42
Figura 11 – Armários de itens gerais e armário subsegmentado.....	43
Figura 12 – Computadores	43
Figura 13 – EPI's.....	44
Figura 14 – Itens nas portas dos armários	45
Figura 15 - Kanban e melhores do mês	46
Figura 16 - Veículo <i>offroad</i> projetado no <i>SolidWorks</i>	47
Figura 17 - Oficinas.....	48
Figura 18 – Armário de Ferramentas.....	47
Figura 19 – Armário com controle visual (faixa vermelha).....	51
Figura 20 – Ficha de manutenção.....	52
Figura 21 – Proposta de demarcação de área de segurança.....	53
Figura 22 - Projeção do veículo no <i>Solidworks</i>	55
Figura 23 - Montagem.....	57
Figura 24 - Proposta de layout do laboratório	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivos geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 MOTIVAÇÃO PESSOAL	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	16
2.1.1 Tipos de manutenção	18
2.1.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)	20
2.1.2.1 Objetivo da TPM	21
2.1.2.2 Pilares da TPM	22
2.1.2.3 Implementação da TPM	24
2.1.2.4 Campanha de lançamento da TPM	24
2.1.2.5 Organização para implantação da TPM	25
2.1.2.6 Diretrizes e metas do programa	26
2.1.2.7 Capacitação dos colaboradores	26
2.1.2.8 Manutenção autônoma	27
2.1.2.9 Manutenção planejada	27
2.1.2.10 Consolidação d programa	28
2.2 METODOLOGIA DE APOIO À MELHORIA CONTÍNUA NA MANUTENÇÃO	29
2.2.1 Tipos de desperdício	29
2.2.2 5S	30
2.2.3 TPM e 5S	31
2.3 PROJETOS UNIVERSITÁRIOS	32
2.3.1 Competição universitária com veículos Baja	33
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
4 RESULTADOS	37
4.1 PRIMEIRA PARTE: NASPECTOS GERAIS	37
4.1.1 Aspectos físicos do laboratório	37

4.1.2 Aspectos organizacionais	39
4.1.3 Recursos disponíveis.....	41
4.1.2 Práticas adotadas.....	44
4.1.3 Projeto do carro	46
4.1.4 Operação	47
4.1.4.1 Procedimentos de Desmontagem.....	49
4.1.4.2 Procedimentos de Montagens	49
4.1.4.3 Procedimentos de manutenção	49
4.2 SEGUNDA PARTE: SOLUÇÕES E MELHORIAS	50
4.2.1 Aplicação da TPM e 5S	50
4.2.2 Armários.....	50
4.2.3 Máquinas	51
4.2.4 EPI'S.....	53
4.2.5 Padronização de processos internos.....	54
4.2.5.1 Projeção	54
4.2.5.2 Montagem.....	56
4.3 TRATAMENTO DE DESPERDÍCIOS	58
4.3.1 Programa de implantação da TPM.....	59
4.3.2 Lançamento da campanha	59
4.3.2.1 Organização para a implementação	60
4.3.2.2 Diretrizes e metas.....	61
4.3.2.3 Capacitação dos colaboradores	61
4.3.2.4 Implementação da manutenção autônoma.....	62
4.3.2.5 Implementação da manutenção planejada.....	62
4.3.2.6 Consolidação do programa	62
5 DISCUSSÃO	64
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA PROJETISTAS GESTORES E ENGENHEIROS	66
6 CONCLUSÃO.....	67
6.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	68
6.2 TRABALHOS FUTUROS	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção serão apresentados os tópicos referentes à contextualização do tema de estudo, os objetivos do presente trabalho, a justificativa, a motivação pessoal e, finalmente, a estrutura dos capítulos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A manutenção no local de trabalho é um fator crítico para garantir a segurança e o bem-estar dos trabalhadores e aumentar a produtividade. Segundo o Ministério da Economia (2020), foram registrados mais de 1,3 milhão de acidentes de trabalho no país, sendo que cerca de 40% deles ocorreram devido a falhas mecânicas em máquinas e equipamentos. Além disso, a falta de manutenção preventiva pode resultar em paralisações e interrupções na produção, afetando a eficiência e a competitividade das empresas brasileiras.

Segundo Nascimento e Midori (2021), a competitividade tem sido discutida cada vez mais dentro das organizações e a busca por eficiência em sistemas produtivos é considerada fundamental neste contexto, por isso, as empresas têm priorizado aumentos de produtividade, qualidade e eficiência. Neste cenário, sistemas de produção que possuem alta confiabilidade tem sido apontados como críticos para construção de uma organização competitiva (SINGH et al., 2014). Dada a importância do planejamento e da organização do setor de manutenção, muitos pesquisadores estão se dedicando a esta temática.

Toke e Kalpande (2023) em seu trabalho intitulado *An assessment of key performance indicators and its relationship for implementation of total productive maintenance in manufacturing sector* realizaram uma avaliação empírica dos indicadores-chave de desempenho da Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance - TPM*). A pesquisa forneceu diretrizes de implementação e facilitou a medição do impacto e suporte para a excelência empresarial no setor de manufatura. O estudo examinou o estado atual da TPM e identificou as áreas-chave para a adoção da metodologia usando um processo analítico hierárquico. Como resultado, obteve-se a criação de um *framework* para julgar os pesos dos componentes da TPM.

Vaz et al (2023) apresentaram *The value of TPM for Portuguese companies* com o objetivo de avaliar o impacto da filosofia de manutenção TPM no desempenho operacional da indústria portuguesa, identificando como ela permite a redução sistemática de desperdícios na manutenção. Um questionário foi enviado a 472 empresas portuguesas e obteve-se uma amostra

de 84 respostas válidas. Foi possível avaliar o impacto da TPM em cinco dimensões de desempenho operacional e constatou-se que a produtividade é a dimensão com maior grau de impacto.

Singh e Gurtu (2022) discorrem, em seu estudo *Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM)*, sobre quais fatores devem ser priorizados para a implementação bem-sucedida da filosofia TPM. A técnica usada para a priorização é o processo analítico hierárquico. Os resultados mostraram que o comprometimento e o envolvimento da alta gestão são os fatores críticos mais importantes para a implementação bem-sucedida da TPM. O treinamento dos funcionários é outro fator vital, e a liderança deve encorajar uma cultura favorável ao fluxo de informação, propriedade do equipamento, envolvimento das pessoas e gerenciamento da qualidade em toda a organização.

Bashar, Hasin e Jahangir (2022) exploraram em seu estudo *Linkage between TPM, people management and organizational performance* uma investigação empírica da ligação entre a TPM, gestão de pessoas e o desempenho organizacional na indústria têxtil de Bangladesh. Dados empíricos foram coletados através de um questionário. Os resultados forneceram evidências significativas de que a gestão de pessoas tem um impacto direto e indireto (por meio da TPM) no desempenho organizacional. Os resultados também indicaram que a TPM tem efeitos diretos e mediadores no desempenho operacional.

Frente a isso, diversas abordagens vêm sendo adotadas no mercado visando aprimorar o planejamento e a organização dos setores de manutenção nas organizações. Nesse contexto, a TPM tem sido muito implementada visando o aumento de vida útil de equipamentos e recursos, além de prezar pela saúde do ambiente de trabalho e de seus colaboradores.

Sing et al. (2022) comentam que TPM corresponde a uma filosofia de gestão que exerce influência na garantia da qualidade de produtos por meio do aperfeiçoamento de processos produtivos. De acordo com Gregório (2018), a TPM corresponde a uma manutenção que independe de um sistema de produção, cujo objetivo é buscar aperfeiçoar o conhecimento dos colaboradores acerca do equipamento utilizado por eles nas atividades da rotina, evitando desgaste e mau funcionamento dos equipamentos, além de reduzir a probabilidade de ocorrer defeitos de qualidade.

Gregório (2018) explica que a implementação da TPM acarreta na melhora do ambiente de trabalho por meio da reestruturação e treinamento dos colaboradores e envolve todos diferentes níveis hierárquicos de uma organização para que a aplicação desta filosofia seja efetiva. Reis (2018) acrescenta, por meio desta prática, que as responsabilidades acerca da manutenção de equipamentos que antes pertencia ao departamento de manutenção, passam a

ser descentralizadas por meio da implementação do programa de manutenção produtiva total que contempla todos os integrantes de uma equipe.

No ambiente universitário, diversos projetos são desenvolvidos como uma forma alternativa de desenvolver habilidades e aptidões para além dos ensinamentos ministrados em sala de aula. No contexto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Campus Macaé, existe o projeto Baja, proveniente da competição Baja SAE pela *Society of Automotive Engineers* (SAE), que possui por objetivo construir veículos *off-road* para competição nesta categoria e, dada a finalidade do projeto, a confiabilidade e a gestão da manutenção dos equipamentos utilizados para composição de seu veículo é de suma importância para o bom desempenho e para competitividade do mesmo.

Dessa forma, este estudo pretende contribuir para ampliar a base teórica acerca da TPM, através do levantamento de fatores relacionados a filosofia que poderiam ajudar a equipe de manutenção do projeto Baja e sugerir uma proposta de implementação, com base na metodologia citada, para a oficina localizada na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) campus Macaé, local onde os membros constroem carros *off-road* para participação em competições universitárias.

1.2 OBJETIVOS

Nessa seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o funcionamento do laboratório utilizado pela equipe de competição Baja e propor a aplicação de uma filosofia de gestão da manutenção. Portanto, pretende-se realizar um estudo de caso em uma equipe de competição vinculada ao Instituto Politécnico do Centro Multidisciplinar UFRJ Macaé.

1.2.2 Objetivos específicos

- I. Contextualizar a gestão da manutenção e as tipologias de manutenção.
- II. Descrever a metodologia TPM, seus objetivos, pilares e estratégias para implantação.
- III. Apresentar metodologias de apoio a melhoria contínua na manutenção como a tipologia dos desperdícios e o programa de 5S.

- IV. Apresentar os projetos universitários enquanto instrumentos estratégicos para formação dos alunos em Engenharia.
- V. Finalmente, pretende-se identificar quais fatores relacionados à filosofia da TPM podem melhorar a performance do projeto Baja e elaborar uma proposta de implementação sobre os pontos de melhorias identificados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Baja Nacional (2023) detalha que a competição Baja SAE oferece aos estudantes de engenharia a oportunidade de desenvolver habilidades práticas e conhecimentos técnicos em um ambiente de projeto e construção de veículos *off-road*. No entanto, o sucesso de um projeto Baja não se resume apenas ao veículo em si, mas também à eficiência e produtividade da oficina responsável pela manutenção e reparo dos componentes.

Veres et al (2017) dizem que a implementação da TPM por meio da organização visa melhorar a qualidade das atividades de manutenção, reduzir os custos e aumentar a produtividade geral da oficina. Dessa forma, a abordagem sistemática dessa filosofia pode ser de grande valor para o envolvimento de toda a equipe da oficina Baja, visando a melhoria contínua dos processos de manutenção e fortalecer o aumento geral da eficiência.

Souza (2018) define que além dos benefícios diretos para a oficina Baja, a implementação da TPM também tem implicações significativas para o desempenho e a competitividade da equipe, disse. Para Veres et al. (2017), uma gestão eficiente da manutenção resulta em menor tempo de parada dos equipamentos, redução dos tempos de reparo, maior disponibilidade para atividades de projeto e fabricação e, por consequência, um cronograma mais eficiente para a construção do veículo.

Portanto, este estudo proporcionará uma base sólida para a implementação da TPM na oficina Baja, com o intuito de alcançar melhorias significativas na gestão da manutenção e, consequentemente, um desempenho competitivo e sustentável ao longo do processo de construção do veículo Baja. Ademais, esse trabalho também fornecerá uma compreensão aprofundada das principais etapas e ferramentas da TPM, adaptadas ao contexto da oficina Baja, bem como sua aplicação prática para aprimorar a gestão da manutenção e os resultados obtidos.

1.4 MOTIVAÇÃO PESSOAL

A escolha do tema deve-se ao interesse da autora em retribuir o conhecimento adquirido ao longo da sua graduação. A universidade é um ambiente rico em aprendizado e crescimento, e escrever sobre a gestão da manutenção na oficina Baja é uma maneira de compartilhar seu conhecimento com a comunidade acadêmica e profissional. A autora acredita que ao desenvolver uma pesquisa sólida e apresentar soluções eficientes para os desafios enfrentados na gestão da manutenção, estará contribuindo para o avanço da engenharia e beneficiando futuras equipes Baja.

Tendo em vista que a eficiência da oficina é fundamental para o sucesso da equipe Baja, pois aprimora o desempenho dos equipamentos e aumenta a produtividade geral do projeto, ao focar na TPM, é possível aprender e aplicar conceitos e práticas que têm o potencial de serem transferidos para outras áreas da engenharia, trazendo benefícios tanto para a universidade como para o mercado de trabalho.

Por fim, ao realizar esse estudo, a autora terá a oportunidade de aprimorar suas habilidades técnicas e de pesquisa. Visto que ao aprofundar-se na gestão da manutenção e na aplicação da TPM irá adquirir conhecimentos especializados e desenvolver competências práticas em um campo importante da engenharia. Essas habilidades serão valiosas para sua futura carreira profissional, permitindo-a enfrentar desafios do mundo real com confiança e eficiência.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis seções distintas. Na primeira seção, o tema é apresentado por meio da contextualização, problemática, objetivos e justificativa. Na segunda seção, será apresentado o referencial teórico sobre gestão da manutenção, TPM, melhoria contínua, importância de projetos universitários e competição Baja. A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos adotados neste estudo. A quarta seção traz os resultados do trabalho a partir da coleta de dados na oficina Baja. A quinta seção traz a análise dos resultados e propostas de implementação. Por fim, na sexta seção, são apresentadas as considerações finais do trabalho, incluindo suas limitações e proposta de agenda de pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção pretende elucidar a relevância da gestão da manutenção em termos de eficiência produtiva e redução de custos, discorrer sobre a filosofia TPM e sua aplicabilidade, adoção dos 5 Sentos (5S) como ferramenta de melhoria contínua aliada à TPM e, por fim, destacar a importância de projetos universitários e competição Baja.

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Viana (2016) explica que a palavra manutenção se originou do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem em mãos. De acordo com a norma brasileira NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade), a manutenção é a combinação de todas as atividades técnicas e administrativas que têm como objetivo preservar ou restaurar um item para que possa desempenhar a função exigida.

Segundo a norma NP EN 13306:2007 de Portugal, a gestão da manutenção é definida como todas as atividades de gerenciamento que estabelecem os objetivos, estratégias e responsabilidades relacionadas à manutenção, implementando-os por meio de várias abordagens, como o planejamento, controle e supervisão da manutenção, além da melhoria dos métodos organizacionais, incluindo aspectos econômicos.

Prata (2014) detalha, em termos mais simples que a gestão da manutenção se refere às atividades de administração dos recursos de uma organização com o objetivo de alcançar os resultados e metas estabelecidas para seu desempenho. Essa gestão abrange o controle de diversos aspectos para garantir eficácia na busca pelos objetivos, utilizando indicadores apropriados para avaliar o desempenho e o grau de cumprimento das metas definidas (CARDOSO, 2019, p. 8).

Devido à relevância conquistada, a manutenção deixou de ser vista apenas como um custo adicional nos processos comerciais de uma organização e se tornou uma parceira na melhoria de suas práticas, garantindo que o processo de produção não seja prejudicado por paradas, falhas ou perdas inesperadas. Portanto, a manutenção se torna um elemento fundamental para qualquer organização que deseja alcançar uma operação mais lucrativa e com menor custo associado (CARDOSO, 2019, p. 5).

Ao longo do tempo, as práticas relacionadas à manutenção têm passado por diversas mudanças, tornando sua área de atuação cada vez mais complexa. Assim, a gestão da manutenção representa, principalmente, um esforço técnico e de engenharia para garantir o

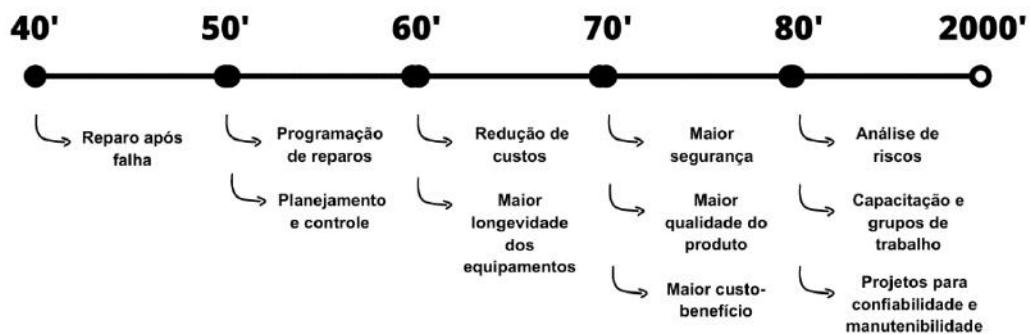
funcionamento adequado dos ativos físicos tangíveis, visando maximizar sua lucratividade e segurança, a fim de evitar danos ou repará-los quando defeitos ocorrem, reduzindo assim os custos de indisponibilidade operacional (CABRAL, 2013).

Diversos autores descrevem diferentes estágios na evolução da função de manutenção ao longo do tempo. De acordo com Moubray (1997), podemos identificar três principais gerações nessa evolução:

- 1ª Geração - Anterior à Segunda Guerra Mundial, estendendo-se até 1950.
- 2ª Geração - Início entre a Segunda Guerra Mundial e meados da década de 1960.
- 3ª Geração - A partir da década de 1970 até atualmente.

Essas gerações representam diferentes períodos em que ocorreram mudanças significativas na forma como a manutenção foi compreendida e praticada (Figura 1).

Figura 1 - Linha do tempo: evolução da manutenção



Fonte: Adaptado de Moubray (1997 apud Takayama, 2008).

A primeira geração proporcionou o suporte necessário para o desenvolvimento do conceito de manutenção corretiva, que engloba tanto a manutenção programada quanto a não programada. Na segunda geração, surgiram elementos conceituais que deram origem à manutenção preventiva, a qual se baseia em revisões gerais programadas, sistemas de planejamento e controle do trabalho, além do avanço da informática aplicada. Na terceira geração, houve um avanço significativo nas técnicas de monitoramento de condições, análise de falhas e estudos de riscos, o que trouxe uma abordagem para a conceituação da manutenção preditiva. Nessa abordagem, é possível prever e tomar medidas proativas com base em indicadores e análises, visando evitar falhas e maximizar o desempenho dos ativos (PIRES et al., 2018).

O desenvolvimento desses conceitos foi impulsionado pelo aumento das expectativas em relação à manutenção, o que exigiu o desenvolvimento de novas tecnologias para auxiliar o setor produtivo a garantir a segurança, qualidade, disponibilidade e confiabilidade em seus equipamentos e, por consequência, em seus processos produtivos.

Dessa forma, à medida que a automação e a mecanização da cadeia produtiva continuam a crescer, a confiabilidade e a disponibilidade se tornaram pontos cruciais para a conjuntura econômico-social atual. Isso resultou no surgimento de novas expectativas relacionadas à qualidade de produtos, instalações, meio ambiente e segurança das pessoas, bem como novas abordagens para a gestão da manutenção.

As organizações reconhecem o importante papel da manutenção, visto que ela desempenha um papel estratégico, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, o que é respaldado por Macedo (2011) em sua tese. Para garantir um plano eficaz, é fundamental que os ativos de manutenção sejam confiáveis e capazes de oferecer níveis adequados de disponibilidade. Isso permite aproveitar ao máximo as diversas variáveis envolvidas no setor produtivo. Essa evolução gera novas expectativas em relação às vantagens, como a conexão entre manutenção e qualidade do produto, e a possibilidade de obter uma planta altamente disponível e com contenção de custos (PIRES et al., 2018).

Sendo assim, é relevante considerar os diferentes tipos de manutenção existentes. O tópico 2.1.1 apresenta tal classificação comumente utilizada.

2.1.1 Tipos de Manutenção

As atividades de manutenção são categorizadas em três grupos principais: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva. Essa divisão, de acordo com Queiroz (2015), serve como base para programar e distinguir de maneira consistente as atividades relacionadas a cada tipo de manutenção. Conforme descrito na NBR 5462/1994:

A Manutenção Corretiva refere-se ao trabalho de manutenção que é “realizado somente após a ocorrência de uma falha, em situações não planejadas”. Segundo Xenos (2014), a escolha desse método de manutenção deve levar em consideração fatores econômicos, uma vez que, em termos de custos de manutenção, a Manutenção Corretiva é mais econômica em comparação com a prevenção de falhas nos equipamentos.

A Manutenção Preventiva é a realização de um conjunto de atividades em um equipamento com o objetivo de evitar ou reduzir a probabilidade de falhas. Xenos (2014) enfatiza que essa deve ser a principal abordagem de manutenção adotada por qualquer empresa,

pois ela tem a responsabilidade de reduzir a incidência de falhas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e minimizar interrupções inesperadas na produção.

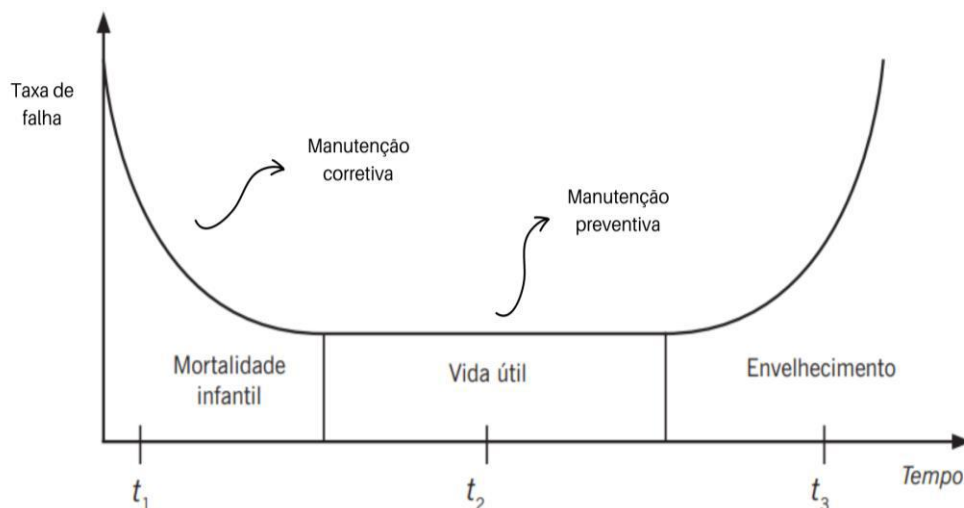
A Manutenção Preditiva consiste em um conjunto de atividades de manutenção que são realizadas somente quando necessário. Essa abordagem envolve um monitoramento contínuo de características específicas do equipamento, e os dados obtidos por meio desse monitoramento servem como base para tomar decisões preditivas sobre a necessidade de intervenção ou parada para manutenção.

Conforme apontado por Prata (2014), a abordagem ideal para a gestão da manutenção consiste em combinar efetivamente os diferentes tipos, buscando otimizar o desempenho da organização ao mesmo tempo em que se reduzem os custos. Para isso, é necessário elaborar um plano que vise diminuir a necessidade de manutenção corretiva e priorizar a realização de manutenção planejada.

As diferentes tipologias de manutenção estão associadas à taxa de falhas de um ativo, dependendo do tempo de operação do mesmo, desde o início de sua utilização até o seu envelhecimento. Essa relação é representada graficamente pela chamada "curva de banheira" ou "curva de mortalidade", conforme ilustrado na Figura 2.

Assim, a partir do modelo da curva da banheira, divide-se a vida operacional de uma unidade em três estágios:

Figura 2 - Curva da banheira



Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2011).

Assim, como explica Fogliatto e Ribeiro (2011), as falhas precoces, que ocorrem no início da vida útil de um produto, são conhecidas como "mortalidade infantil". Essas falhas são

geralmente resultado de defeitos de fabricação ou problemas iniciais relacionados ao uso do produto.

Por outro lado, as falhas que ocorrem durante a fase de vida útil do produto são frequentemente causadas por condições extremas no ambiente de operação. Essas falhas podem ocorrer em qualquer momento do tempo de uso do produto e não estão concentradas em um período específico, dessa forma a ocorrência de falhas é influenciada pela forma como é implementada a Manutenção Preventiva.

Por fim, à medida que o produto se deteriora com o tempo, podem ocorrer falhas relacionadas ao desgaste, principalmente na fase de envelhecimento do produto. Essas falhas estão concentradas no final da vida útil do produto.

Como metodologia de controle autônomo e planejado do maquinário e ambiente de trabalho, tem-se a TPM, que será discutida no próximo tópico.

2.1.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A TPM é uma filosofia proveniente do Japão, que foi primeiramente introduzida pela empresa *Nippon Denso*, fornecedora da *Toyota Motor Company*, no ano de 1971 (Jain et al., 2015) e ela está pautada em três princípios que são: trabalho em equipe, melhoria contínua e foco no cliente (KAUR et al, 2018).

Para Singh et al. (2022), essa filosofia adota abordagens que visam melhorar a eficácia industrial e o desempenho de seus equipamentos durante as operações, envolvendo o engajamento e interesse de todos os funcionários. É uma estratégia deliberada para aprimorar a produção, focando na integridade e infraestrutura da empresa e na operação eficiente dos recursos da planta, por meio da participação e capacitação contínua dos funcionários nas áreas de produção, manutenção e desempenho industrial.

O principal objetivo da TPM é reduzir desperdícios em diversas atividades, diminuindo os custos totais ao aumentar a produtividade e produzir produtos de alta qualidade. Com uma abordagem de desenvolvimento completo de todo o pessoal, um ambiente de trabalho seguro e uma manutenção de alta qualidade, essas organizações difundem a prática de manutenção autônoma, conforme estudo de Kaswan e Rathi (2020) e, assim, a TPM melhora a efetividade da fabricação de componentes.

As falhas de equipamentos, defeitos na fabricação e acidentes são reduzidos devido às abordagens de ciclo de vida da TPM na gestão de equipamentos. Todos os funcionários, desde os mais altos até os mais baixos níveis hierárquicos, estão envolvidos nesse processo (Suresh,

2012). A TPM melhora a participação ativa da força de trabalho, aumenta a produção em 40% sem alterar os insumos, aumenta a produtividade da equipe e reduz as reclamações dos clientes em 20% (IRELAND; DALE, 2001).

Assim, conforme Tripathi (2005), quando a TPM é implementada, uma organização pode desfrutar de benefícios como maior qualidade, aumento na produção, redução de custos, menor número de quebras, entregas confiáveis, maior segurança, melhores condições de trabalho e maior motivação da equipe. Ahuja; Khamba, (2007) esclarece que a adoção da TPM também pode ajudar as organizações a melhorarem o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em uma faixa de 14 a 45%, reduzir os níveis de estoque de 45 a 58%, aumentar a produção da planta de 22 a 41%, reduzir as taxas de rejeição de 50 a 75%, diminuir os acidentes de 90 a 98%, reduzir os custos de manutenção de 18 a 45%, diminuir retrabalhos e defeitos de 65 a 80%, reduzir as quebras de equipamentos de 65 a 78%, diminuir os custos de energia de 8 a 27% e aumentar o envolvimento dos funcionários de 32 a 65%

De acordo com Jain e Raj (2015) para atingir essas metas, é essencial um forte apoio da gerência, juntamente com o uso contínuo de trabalho em equipe e atividades em grupo. Kodali e Chandra (2001) diz que além disso, enfatiza-se a melhoria da disponibilidade, desempenho e qualidade dos equipamentos, levando em consideração a saúde e segurança dos funcionários, bem como a proteção ambiental, portanto, em um ambiente altamente competitivo, a TPM oferece os melhores meios para aumentar a produtividade e os lucros de uma organização, sendo também um fator determinante para o sucesso ou fracasso de uma indústria.

2.1.2.1 Objetivo da TPM

O Instituto Japonês de Manutenção Industrial estabeleceu os 5 principais objetivos da Manutenção Produtiva Total que compreendem: (i) instituir uma organização voltada para maximização e eficiência dos seus processos produtivos, (ii) implementar uma gestão de forma a minimizar perdas através de metas que visem zero acidentes e zero defeitos, (iii) envolver todos os departamentos da organização de forma a incluir vendas, administração e desenvolvimento de novos produtos, (iv) envolver toda a organização desde a gerência até os operadores que atuam no chão de fábrica e (v) gerir ações que conduzam zero perdas por meio de atividades de pequenos grupos de trabalho (SUZUKI, 1994).

Já Gonçalves (2020) detalha que os objetivos da TPM consistem em eliminar as seis grandes perdas, que são ocasionadas por: parada ocasionada por quebra ou falha, mudança de regulagens e de linha, operação em vazio e pequenas paradas, queda de velocidade, defeitos

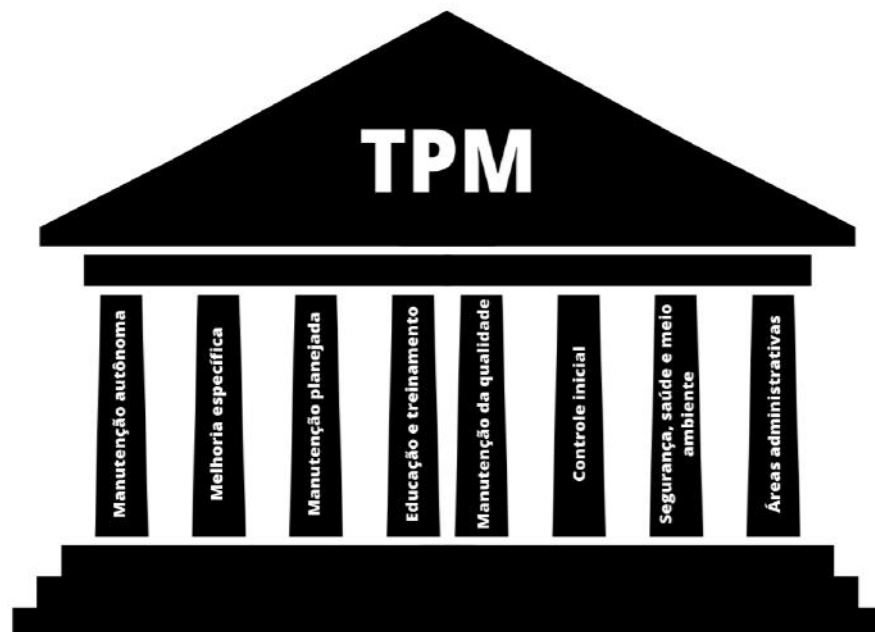
gerados no processo de produção e perda decorrente do início da operação e por queda de rendimento.

Desta forma, é reiterado que a TPM busca promover o aprimoramento do desempenho global e a introdução de novos recursos visando aprimorar a estrutura organizacional. Isso viabiliza a maximização da eficiência operacional e o aumento da produtividade, resultando na redução de despesas e na maximização dos resultados. Essa progressão ocorre à medida que avança o desenvolvimento das atividades relacionadas aos oito fundamentos da TPM, que serão abordados adiante. Segundo Paraibuna et al (2021), os resultados não são obtidos de forma imediata, porém, conforme o progresso se concretiza, surgem vantagens ao longo da implementação e após a conclusão do processo.

2.1.2.2 Pilares da TPM

Pinto, (2019) demonstra que para que seja possível alcançar a eliminação das perdas supracitadas, foram estabelecidos 8 pilares, representados por atividades, para sustentação do desenvolvimento da TPM. Os 8 pilares são:

Figura 3 - Pilares da TPM



Fonte: Adaptada de Silva (2014).

- 1 Manutenção autônoma - é consolidada pela atuação de pequenos grupos autônomos que são instituídos com o objetivo de cuidar dos seus equipamentos, implementar melhorias e

identificar perdas. O intuito é conferir ao operador um senso de responsabilidade pelo equipamento que opera. Essa alocação de tarefas entre operadores e departamentos de manutenção permite que eles invistam mais tempo em resolver questões atuais e elaborar estratégias de manutenção mais efetivas (PINTO, 2019).

- 2 Melhoria específica - é consolidada por meio da identificação de perda de um equipamento ou de determinado processo e, diante do cenário estabelecido, é convocado um grupo de trabalho multidisciplinar que pode contar com o apoio de um especialista para que possam tratar o problema. O objetivo é combater as oito principais causas de ineficiência operacional que afetam os equipamentos em uma organização. Essas oito causas incluem falhas no equipamento, tempo perdido em preparação e ajustes, tempo perdido em trocas de ferramentas, tempo de inatividade, interrupções curtas ou ociosidade, perda de velocidade, defeitos e retrabalhos e tempo de desligamento do equipamento (BORMIO, 2000).
- 3 Manutenção planejada - é consolidada por meio do aumento da eficiência do departamento de manutenção por meio da identificação, eliminação e prevenção de quebras de equipamentos. Para alcançar esse objetivo, é necessário estabelecer um plano de manutenção regular que leve em consideração as intervenções de manutenção recomendadas no manual de instruções, bem como a experiência do operador da máquina. Dessa forma, os funcionários podem participar ativamente do processo, criando uma relação simbiótica entre o homem e a máquina. Usando uma analogia que destaca a importância dessa relação, pode-se dizer que um dispositivo em bom estado é comparável a um corpo saudável (TELES, 2021).
- 4 Educação e treinamento - são consolidados por meio do aprimoramento da habilidade dos colaboradores de forma que eles possam contribuir para melhoria do desempenho da organização. A formação e o treinamento desempenham um papel fundamental no efetivo desenvolvimento da metodologia TPM. O objetivo deste pilar é capacitar os operadores para que sejam autônomos em seu trabalho. Somente por meio de colaboradores com habilidades múltiplas, devidamente motivados, é possível alcançar o sucesso dessa filosofia e superar ou reduzir problemas relacionados a falhas e avarias (VENKATESH, 2007).
- 5 Manutenção da qualidade - é consolidada por meio da garantia da qualidade dos produtos nos processos produtivos, visando zero defeito. As principais atividades deste pilar são: levantar os defeitos dos produtos, implantar pontos de inspeção de qualidade nos equipamentos e melhorias específicas para eliminar perdas. O objetivo das melhorias é alcançar a eliminação completa de perdas, defeitos e desperdícios na operação do equipamento. Assim que um problema é identificado e analisado, o foco passa a ser o planejamento e a implementação de ações de melhoria, visando eliminar o problema de forma definitiva (GONÇALVES, 2020).
- 6 Controle inicial - é consolidado por meio de análise de projetos de equipamentos e produtos antes que o mesmo seja implementado de forma a levar em consideração a análise de alguns fatores como, por exemplo, custo de manutenção, possibilidade de gerar produtos com defeitos, segurança e acesso às matérias-primas. Como resultado, há um aumento na capacidade de resposta ao mercado, permitindo agilizar o desenvolvimento de novos produtos. Empresas que atuam na produção de bens de consumo, que possuem ciclos de vida mais curtos, são particularmente beneficiadas pela implementação desse

pilar. Isso proporciona vantagens significativas para essas empresas em termos de adaptabilidade e competitividade no mercado (GONÇALVES, 2020).

- 7 Segurança, saúde e meio ambiente - é consolidado por meio do estabelecimento de zero acidentes. Os esforços deste pilar são concentrados na prevenção de acidentes, atuando com o objetivo de eliminar condições inseguras e atos inseguros. Para alcançar esse objetivo, é crucial realizar a divulgação para conscientizar os operadores sobre a importância da detecção e prevenção de acidentes pessoais, bem como sobre a importância da limpeza e higiene dos locais de trabalho, tornando-os mais seguros e eficientes. Além disso, é desejável minimizar o impacto das intervenções de manutenção no meio ambiente, por meio de práticas de reciclagem e eliminação segura de resíduos, além de reduzir o consumo de energia. Dessa forma, promove-se a segurança dos operadores e contribui-se para a sustentabilidade ambiental (PINTO, 2019).
- 8 Áreas administrativas - é consolidado por meio da eficiência e eliminação de perdas dos processos administrativos. Um programa de implementação da metodologia TPM nas áreas administrativas tem como principal objetivo estabelecer uma base de dados de informações de alta qualidade, com o intuito de agilizar o fluxo de informação e a análise de diversos processos. Isso possibilita uma gestão mais eficiente e assertiva, promovendo a melhoria contínua nas áreas administrativas da organização (SUZUKI, 1994).

2.1.2.3 Implantação da TPM

A implementação da TPM requer um planejamento cuidadoso e uma sequência bem definida de etapas. Com base em Fogliatto e Ribeiro (2011) e *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), é apresentada uma proposta de implementação que abrange 7 etapas: (i) lançamento de uma campanha, (ii) organização para a implementação, (iii) definição de diretrizes e metas, (iv) capacitação dos colaboradores, (v) implementação da manutenção autônoma, (vi) implementação da manutenção planejada e (vii) consolidação do programa.

2.1.2.4 Campanha de lançamento da TPM

A primeira etapa consiste no lançamento da TPM dentro da empresa e envolve todos os colaboradores. A TPM é um programa abrangente que requer o envolvimento de diversos departamentos da empresa e demanda um grande esforço de trabalho. Portanto, é crucial que o lançamento inclua um pronunciamento da alta direção, demonstrando o comprometimento com a implementação do programa TPM. A campanha de lançamento deve fornecer esclarecimentos a todos os públicos envolvidos (SILVA et al, 2018).

Os funcionários devem entender que a TPM é um programa que enfatiza o planejamento e as ações preventivas, promovendo uma mudança de cultura de reatividade para uma mentalidade proativa (agir antes das falhas ocorrerem). Além disso, os envolvidos devem perceber que suas habilidades serão aprimoradas e que poderão desfrutar de um ambiente de trabalho mais limpo e organizado, livre de falhas frequentes e interrupções na produção.

2.1.2.5 Organização para implantação da TPM

A etapa de organização envolve várias atividades preliminares que são realizadas para facilitar a implementação da TPM. Essas atividades incluem considerações sobre recursos humanos, equipamentos, espaço físico e gestão de informações (BARBOSA, 2022).

O planejamento dos recursos humanos envolve estabelecer a hierarquia de cargos e funções, definindo desde o gerente geral do programa até a composição ideal das equipes de trabalho. Isso implica na identificação e designação de responsabilidades e papéis claros para cada membro da equipe envolvida no programa TPM.

Para cada equipamento principal (ou conjunto de equipamentos), é importante designar uma equipe responsável, geralmente composta por um engenheiro, um supervisor, operadores e um técnico de manutenção. Essas equipes devem ter líderes com o perfil adequado para manter a motivação da equipe e impulsionar melhorias nos equipamentos. Além disso, as equipes de um mesmo setor devem ser agrupadas sob uma gerência comum, que se reportará diretamente ao gerente geral do programa de TPM. Essa estrutura organizacional garante uma comunicação eficiente e uma coordenação eficaz das atividades relacionadas à TPM em toda a empresa.

O planejamento do espaço físico pode variar de simples, aproveitando o *layout* já existente, a complexo, como no caso em que se decide alterar a estratégia de manutenção em conjunto com a implantação da TPM. Em ambos os casos, é necessário avaliar os espaços disponíveis, considerando se existem áreas adequadas para realizar reparos, ter bancadas de ferramentas, armazenar estoques de peças de reposição, realizar reuniões das equipes de trabalho e capacitar os colaboradores. Essa avaliação visa garantir que o espaço físico atenda às necessidades das atividades da TPM.

O gerenciamento das informações inicia-se pela análise das informações existentes relacionadas à manutenção, permitindo diagnosticar o desempenho dos equipamentos e, simultaneamente, avaliar a adequação e qualidade das informações disponíveis. Posteriormente, nesta etapa, também é necessário decidir sobre a melhor forma de armazenar

os dados relacionados aos equipamentos, peças de reposição, falhas e intervenções corretivas e preventivas. Isso envolve a escolha de sistemas ou ferramentas adequadas para o registro, organização e acesso eficiente às informações, garantindo a disponibilidade e confiabilidade dos dados necessários para a gestão eficaz da TPM.

2.1.2.6 Diretrizes e metas do programa

A eliminação de perdas e a busca pela máxima eficiência operacional seguem a filosofia da melhoria contínua. Após realizar o diagnóstico da situação atual na etapa anterior, é importante estabelecer metas realistas. Essas metas devem ser desafiadoras o suficiente para mobilizar as equipes de trabalho, porém alcançáveis, evitando frustrações. Logo, as metas das equipes de trabalho devem ser compreensíveis e mensuráveis, permitindo que elas acompanhem o progresso das atividades e avaliem os resultados obtidos (SILVA et al, 2018).

Além do estabelecimento de metas, é importante definir as diretrizes do programa, que serão implementadas por meio de um plano diretor. Esse plano deve incluir as etapas específicas da implementação da TPM, bem como os custos, prazos e responsabilidades correspondentes. É fundamental monitorar e atualizar continuamente esse plano, visando garantir o sucesso da implantação dentro do prazo e orçamento estabelecidos.

2.1.2.7 Capacitação dos colaboradores

A etapa de capacitação é essencial para garantir o sucesso da implantação da TPM. Nessa etapa, os colaboradores passam por um treinamento abrangente que aborda diversos aspectos, como compreender os princípios e conceitos da filosofia, aprender a trabalhar em equipe, desenvolver habilidades de liderança e adquirir conhecimentos básicos de manutenção para os operadores, bem como conhecimentos especializados para os técnicos de manutenção.

O objetivo da capacitação é garantir que todos os envolvidos no programa estejam familiarizados e preparados para desempenhar efetivamente suas funções. A qualificação adequada das pessoas envolvidas é um fator crucial para o êxito do programa, pois são elas que irão conduzi-lo e implementar as práticas propostas (SANTOS; ANDRADE, 2021).

2.1.2.8 Manutenção autônoma

É de suma importância que os operadores assumam a responsabilidade pelos equipamentos que utilizam. Isso implica adquirir habilidades e conhecimentos em diversas áreas, tais como limpeza, lubrificação, inspeção e identificação de anomalias. Além disso, devem estar preparados para realizar pequenos consertos e chamar técnicos de manutenção quando necessário. Os operadores também devem seguir os procedimentos estabelecidos pelo programa, registrando os parâmetros do equipamento, falhas e intervenções de acordo com as diretrizes.

Conforme adquirem mais experiência em manutenção autônoma, eles podem contribuir ainda mais, realizando melhorias nos equipamentos para evitar resíduos e padronizando procedimentos de operação, inspeção, manuseio de materiais e registro de dados. Essa participação ativa dos operadores na manutenção dos equipamentos é fundamental para garantir a eficiência operacional e um ambiente de trabalho seguro e produtivo (SANTOS; ANDRADE, 2021).

2.1.2.9 Manutenção Planejada

A manutenção planejada tem como objetivo principal garantir a alta disponibilidade, velocidade e qualidade dos equipamentos. Para alcançar esse objetivo, são utilizadas técnicas de manutenção preditiva e preventiva. Essa abordagem envolve o estabelecimento de um planejamento anual das atividades de manutenção, bem como a programação final das intervenções, levando em consideração a otimização dos recursos disponíveis, como mão de obra, bancadas de trabalho, ferramentas e instrumentos. Dessa forma, a manutenção planejada visa maximizar a eficiência do processo de manutenção, antecipando-se a possíveis falhas e minimizando o impacto negativo no desempenho dos equipamentos (SILVA, 2020).

As implementações da manutenção autônoma e da manutenção planejada desempenham um papel fundamental na promoção da mudança cultural dentro de uma organização. A manutenção autônoma transforma a atitude da equipe de produção, que deixa de depender exclusivamente da equipe de manutenção para consertar os equipamentos. Em vez disso, eles assumem a responsabilidade de manter os equipamentos em boas condições enquanto realizam suas tarefas de produção.

Por outro lado, a manutenção planejada substitui a abordagem reativa, na qual as intervenções ocorrem somente após a ocorrência de uma falha, por uma abordagem proativa

que busca evitar falhas e paradas de produção. A implementação da TPM resulta em uma redistribuição de responsabilidades e uma mudança na filosofia de trabalho, com todos os membros da equipe assumindo um papel ativo na preservação e melhoria da eficiência dos equipamentos.

2.1.2.10 Consolidação do programa

Após a obtenção dos resultados, é essencial realizar uma análise crítica dos procedimentos de manutenção autônoma, dos procedimentos de manutenção planejada e da capacitação dos colaboradores. Isso permitirá avaliar a eficácia e a eficiência dessas práticas e identificar possíveis áreas de melhoria.

A análise crítica envolve comparar os resultados alcançados com as metas estabelecidas no início do programa, verificando se o investimento realizado está trazendo os retornos esperados. Com base nessa análise, podem ser identificadas oportunidades de aprimoramento dos procedimentos e dos colaboradores, visando otimizar ainda mais os resultados obtidos.

Também, é importante consolidar as práticas e procedimentos que estão gerando bons resultados, levando em consideração as lições aprendidas ao longo da implantação da metodologia TPM. Os procedimentos efetivos devem ser confirmados e seguidos como padrões de trabalho, enquanto os ajustes necessários devem ser identificados e implementados para melhorar a eficiência e eficácia do programa.

Além disso, é recomendado identificar e planejar projetos maiores de melhoria para o próximo período. Esses projetos devem ter como objetivo a redução de perdas e avançar em direção aos objetivos de falha zero e quebra zero. Essas melhorias devem ser baseadas nas análises críticas realizadas, considerando os resultados obtidos e as oportunidades de aprimoramento identificadas.

Metodologias de apoio ao programa, em prol da organização e gestão de qualidade, são bastante utilizadas para dar suporte à implantação da TPM e sua relação com a filosofia será explicitada no tópico 2.3.

2.2 METODOLOGIA DE APOIO À MELHORIA CONTÍNUA NA MANUTENÇÃO

Pinto (2013), colabora quando diz que a manutenção enfrenta constantemente desafios internos e externos que dificultam o cumprimento dos planos estabelecidos, exigindo a superação de obstáculos. Nesse contexto, surge a abordagem da manutenção *lean*, que tem como objetivo eliminar desperdícios e estabelecer um fluxo contínuo de materiais, informações, finanças e recursos humanos para atender às demandas e expectativas dos clientes, visando a geração de valor.

Essa abordagem busca identificar e eliminar atividades que não agregam valor, promovendo eficiência e otimização dos recursos disponíveis. Além disso, enfatiza a melhoria contínua por meio da implementação de práticas mais eficientes e do envolvimento dos colaboradores na busca de soluções e na redução de desperdícios. A manutenção *lean* complementa a metodologia TPM ao oferecer uma perspectiva abrangente e integrada da manutenção, alinhada aos princípios de eficiência e qualidade da produção enxuta.

Nos subtópicos 2.2.1 os tipos de desperdício serão identificados e a metodologia *lean* 5S, que é fundamental ao ser aplicada em conjunto com a TPM, será abordada, assim como sua proximidade com a filosofia tema deste trabalho.

2.2.1 Tipos de desperdício

Para a implementação do *lean*, é importante identificar o valor para o cliente e as atividades que não o agregam. Na cadeia de valor da manutenção, qualquer serviço é considerado um produto final. Existem sete principais formas de desperdícios na manutenção, de acordo com Ohno (1988) são:

Estoque: Acúmulo de matérias-primas, componentes e produtos finais em diferentes estágios do processo produtivo. Isso resulta em desperdício de transporte e movimentação de materiais.

Espera: Paralisação de recursos produtivos devido à falta de matéria-prima, falhas nas máquinas ou tempos de setup. Isso resulta em tempo improdutivo e atrasos no processo.

Defeitos: Não conformidades encontradas nos produtos devido a problemas de qualidade. Isso resulta em insatisfação do cliente e a necessidade de retrabalho.

Sobreprodução: Produção de quantidades além do necessário ou antecipadamente. Isso resulta em estoques excessivos, desperdício de recursos e possíveis obsolescências.

Movimentação: Movimentos desnecessários realizados pelos operadores que não agregam valor ao produto, como busca de ferramentas, documentos ou esclarecimentos. Isso ocorre devido à falta de organização nos postos de trabalho, layout inadequado, más condições ergonômicas e disposição inadequada de equipamentos.

Transporte: Deslocamento de materiais ou informações de um local para outro no espaço fabril, sem agregar valor ao produto. É necessário reduzir o número de transportes e minimizar as distâncias percorridas.

Ultra Processamento: Repetição de processos ou operações devido a erros iniciais. Isso ocorre devido à falta de treinamento dos operadores, falta de padronização do trabalho, falhas na comunicação e uso incorreto de ferramentas ou equipamentos.

2.2.2 5S

O programa 5S teve sua origem no Japão nos anos 1950, após o término da Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, foi adotado pelas comunidades e famílias japonesas como uma estratégia para reorganizar e reconstruir o país (ALFIERI, FERNANDES E FERREIRA, 2021).

O programa 5S promove a organização e a manutenção da ordem do ambiente de trabalho. Através do uso do método, são estabelecidas rotinas diárias para a limpeza e melhoria contínua das práticas laborais. O objetivo é manter o ambiente sempre limpo, organizado e verificar diariamente se as diretrizes do 5S estão sendo seguidas, conforme uma lista pré-definida (SOUZA, 2018).

Mendes e Rocha (2023) explicam que além da organização física do local, o programa 5S também visa promover a padronização das atividades, reduzir o tempo gasto na busca por materiais, minimizar desperdícios e criar um ambiente de trabalho adequado. Outro benefício é o estímulo à motivação dos colaboradores, que percebem os benefícios de trabalhar em um ambiente limpo e organizado. Além disso, o trabalho em equipe é incentivado por meio da implementação do programa 5S

De acordo com Albertin e Pontes (2016, p.100), os "5S" são compostos por cinco palavras japonesas iniciais: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Cada uma dessas letras representa um significado específico no contexto japonês:

- 1 *Seiri* (senso de utilização): compõe a primeira etapa e consiste em separar itens necessários dos desnecessários no posto de trabalho de forma que componha o ambiente de trabalho somente os itens utilizados no serviço;

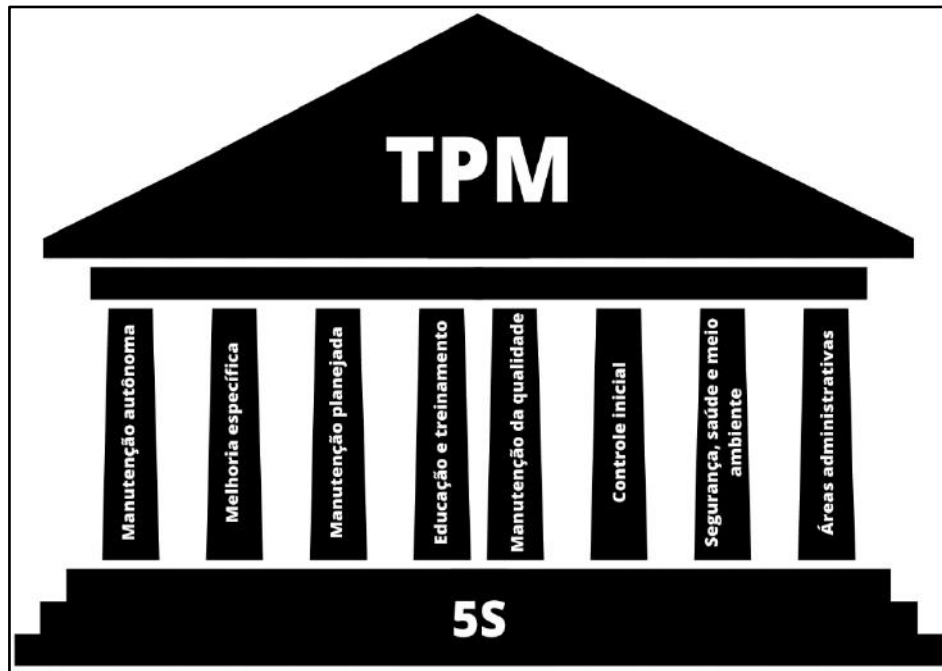
- 2 *Seiton* (senso de organização): compõe a segunda etapa e consiste em organizar itens excedentes, definindo e identificando o melhor local para seu armazenamento de forma a reduzir movimentações desnecessárias.
- 3 *Seiso* (senso de limpeza): consiste na terceira etapa e é executada após a implementação dos sentidos anteriores e o objetivo deste sentido é realizar a limpeza dos objetos necessários e identificar fontes de sujeiras para combatê-las.
- 4 *Seiketsu* (senso de padronização): esta etapa é realizada após a implementação dos 3 sentidos anteriores e visa manter a melhoria das boas práticas implementadas.
- 5 *Shitsuke* (senso de autodisciplina): compõe o quinto sentido e reforça a importância de manter as melhorias/o trabalho realizado nos sentidos anteriores. Para que este sentido seja promovido é preciso que os operadores sejam treinados na metodologia 5S e que, também, seja implementada uma gestão de um programa para o aperfeiçoamento e sustentação das ações promovidas.

2.2.3 TPM e 5S

Conforme discorrido, a TPM compreende uma metodologia voltada para manufatura enxuta que valoriza e enfoca o relacionamento dos operadores com o equipamento e suas funções, visando a eliminação total de perdas, através da melhoria contínua das habilidades das pessoas e do desempenho dos equipamentos. O 5S serve de base para a implementação dos pilares do TPM, sendo considerado um fator chave para a implementação bem-sucedida da filosofia (SILVA, 2014).

Para Gonçalves, (2020). O 5S é o ponto de partida essencial para a implementação da TPM e sua aplicação oferece uma vantagem competitiva para as empresas que o adotam, pois estimula nos operadores o princípio de ações espontâneas. Ele prepara os funcionários para a reestruturação das atividades de manutenção e produção que serão propostas durante a implementação da TPM, permitindo que desenvolvam um senso crítico.

Figura 4 - Pilares da TPM com base 5S.



Fonte: Elaborada pela autora com base em Silva (2014).

Dessa forma, a metodologia 5S, apoiada na organização e gestão de qualidade, é considerada a base para a implementação da TPM, pois estabelece uma preparação ambiental significativa, promovendo mudanças nos hábitos, atitudes e valores de toda a equipe operacional e administrativa da organização.

2.3 PROJETOS UNIVERSITÁRIOS

Os projetos universitários têm ganhado destaque como atividades de ensino e, aos poucos, as universidades têm incorporado essas práticas de aprendizado prático em suas atividades. O processo de aprendizado por meio de projetos universitários pode resultar no desenvolvimento de competências que são essenciais para lidar com diferentes situações e contribuir para a futura vida profissional dos estudantes.

Santos (2010, p.72), acrescenta “aprender é um processo que acontece com o aluno e do qual o aluno é o agente essencial”. Diante desses significados associados aos projetos universitários, é fundamental compreender como essa ação tem efetivamente impactado a formação inicial dos estudantes.

Diante desse contexto, é importante destacar que a satisfação dos estudantes não se resume apenas a acumular certificados que comprovem a participação em diversos cursos, nem

se limita ao acúmulo de conhecimentos teóricos ou técnicas de ensino. É necessário refletir sobre a prática desenvolvida, de modo a redirecionar as atividades de acordo com os objetivos propostos. Conforme mencionado por Corrêa-Silva et al. (2017), é fundamental que haja uma análise crítica sobre as ações realizadas, a fim de garantir um maior alinhamento entre a teoria e a prática, proporcionando uma experiência significativa e enriquecedora para os estudantes.

No universo dos cursos de Engenharias existem projetos com diversas modalidades de competições, como competições de barcos movidos a energia solar, de carros de corrida tipo Fórmula, robótica, entre outras. De acordo com Fernandes et al. (2018), as competições no meio universitário possuem por objetivo testar habilidades dos estudantes para além dos ensinamentos da sala de aula, tornando-se úteis e eficazes para visibilidade profissional e obtenção de oportunidades. Além disso, dentre as vantagens da competição acadêmica está a estimulação constante de jovens a participar de atividades que requerem o desenvolvimento de trabalhos robustos.

Portanto, o investimento em competições acadêmicas pode desencadear em desenvolvimento de projetos ambiciosos e de grande prestígio (FERNANDES et al., 2018). O tópico 2.4.1 pretende ampliar a compreensão acerca das competições com o veículo baja.

2.3.1 Competição universitária com veículos Baja

A competição de veículos Baja SAE (*Society of Automotive Engineers*) entre estudantes de engenharia iniciou-se em 1976, com o objetivo de desenvolver os futuros engenheiros para a indústria automotiva. Nela é executada a elaboração de projetos, desenvolvimento e produção de veículos a serem feitas por uma equipe que é dividida em sub equipes responsáveis por diferentes partes que compõe o automóvel, dentre elas estão: *powertrain*, chassi, entre outros (ZITKUS et al., 2016).

A competição em questão é composta por uma série de provas estáticas e dinâmicas que tem por objetivo construir e simular em um ambiente competitivo as dificuldades encontradas no cotidiano da engenharia. Dessa forma, durante a competição, as equipes de estudantes de engenharia são desafiadas a projetar, construir e testar seu veículo, levando em consideração fatores como confiabilidade, segurança, ergonomia e economia (SAVAZZI; BALDO; MAFALDA, 2018).

Além de precisarem montar um veículo do início para cada competição, ainda segundo Zitkus et al. (2016), alguns requisitos a respeito do design são determinados pela SAE, dentre eles estão:

- 1 1620mm de largura máxima, a considerar comprimento irrestrito, e espaço da gaiola (*cockpit*) suficiente para comportar o capacete do (a) condutor (a) a 15,4mm de distância de quaisquer pontos da cabine do veículo, com exceção do banco do (a) piloto(a) e suportes de segurança, além de possuir 76,2mm de espaço livre entre o revestimento da estrutura e o tórax, joelhos, cotovelos, ombros, braços e mãos do(a) condutor(a) do veículo;
- 2 Transporte de um (a) condutor (a) de até 1,90 m de altura, pesando até 113,4kg;
- 3 Apresentar capacidade de ser conduzido com segurança em terrenos com obstáculos.

A figura 5 mostra um modelo de carro adotado em competições do Baja SAE Brasil.

Figura 5 - Competição Baja SAE BRASIL.



Fonte: Baja Nacional - SAE Brasil.

Sendo assim, a implementação da TPM no laboratório em que o projeto Baja está funcionando pode trazer benefícios significativos. Através de uma nova filosofia, espera-se otimizar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos utilizados, resultando em um aumento na eficiência e produtividade da equipe. Além disso, a TPM incentiva uma mentalidade proativa em relação à manutenção, organização e padronização promovendo a prevenção de falhas e reduzindo o tempo de paralisação das atividades.

Acredita-se que por meio da adoção das práticas da TPM, o laboratório estará melhor preparado para enfrentar desafios e melhorar continuamente suas operações, contribuindo para o sucesso do projeto Baja e proporcionando uma experiência de aprendizado enriquecedora para os estudantes envolvidos. A metodologia não apenas aprimora a eficiência dos processos, mas também fortalece a cultura de excelência e compromisso com a qualidade, pilares fundamentais na formação de futuros engenheiros.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos do trabalho, foi adotada uma metodologia que corresponde a uma abordagem qualitativa e descritiva, a qual foi operacionalizada por meio de estudo de caso único.

O estudo de caso foi escolhido como estratégia de pesquisa uma vez que as questões levantadas visam compreender como e porquê, buscando uma explicação e gerar proposta de aplicação. Essa abordagem metodológica investiga um fenômeno contemporâneo por meio da observação direta. Optou-se por essa metodologia devido à sua capacidade abrangente de análise e compreensão (YIN, 2010).

Tendo em vista o propósito do presente trabalho, a metodologia utilizada consiste em 3 etapas. A primeira etapa consistiu na análise do referencial teórico acerca da Manutenção Produtiva Total. Na segunda etapa foram realizadas observações e análises feitas no laboratório. Na terceira etapa levantou-se sugestões e recomendações de ações de melhoria a partir da implementação da TPM. Cada uma das etapas será detalhada.

Na primeira etapa, foi estabelecida uma estrutura conceitual-teórica através do referencial teórico sobre a metodologia da TPM, com pesquisa no Portal de Periódico da Capes, utilizando palavras-chave como Manutenção Produtiva Total, TPM, Metodologia 5S, Pilares da TPM, Objetivos da TPM, complementado por pesquisas no site da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), revistas de publicações nacionais e livros especializados no tema, para funcionar como suporte teórico.

Na segunda etapa, selecionou-se o objeto de estudo, um laboratório do projeto Baja, recomendado pela Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade (SAE), em que os estudantes dispõem da oportunidade de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos na graduação. O laboratório está localizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Macaé, no interior do estado do Rio de Janeiro. Após selecionar o objeto de estudo, realizou-se visitas ao laboratório do projeto, juntamente com os líderes responsáveis, para conhecer o ambiente, coletar registros e analisá-los de acordo com a abordagem da TPM em conjunto com a metodologia 5S, identificando possíveis pontos de melhoria.

Na terceira etapa, a partir da análise feita após a visita ao laboratório, foi possível elaborar propostas de melhoria com finalidade de otimizar o espaço, os processos de organização, controle e manutenção, visando obter melhor desempenho e oferecer maior segurança no dia-a-dia do projeto. Para isso, as propostas de melhoria desenvolvidas baseiam-se na manutenção autônoma e metodologia 5S e sugerem práticas para diminuir o desperdício,

mudança de layout, conservar os equipamentos e promover o desenvolvimento da cultura organizacional.

4 RESULTADOS

A análise dos resultados será dividida em três partes. Na primeira parte, pretende-se discorrer sobre os aspectos gerais do laboratório no qual o projeto Baja está instalado, com base nos dados coletados. Na segunda parte, pretende-se apresentar possíveis soluções e melhorias, com o uso dos pilares da TPM e da metodologia 5S, para os problemas identificados visando otimizar o espaço de trabalho, tornando-o mais seguro e organizado. Por fim, na terceira parte serão apresentadas propostas para tratamento dos desperdícios encontrados e um programa para implementação da filosofia.

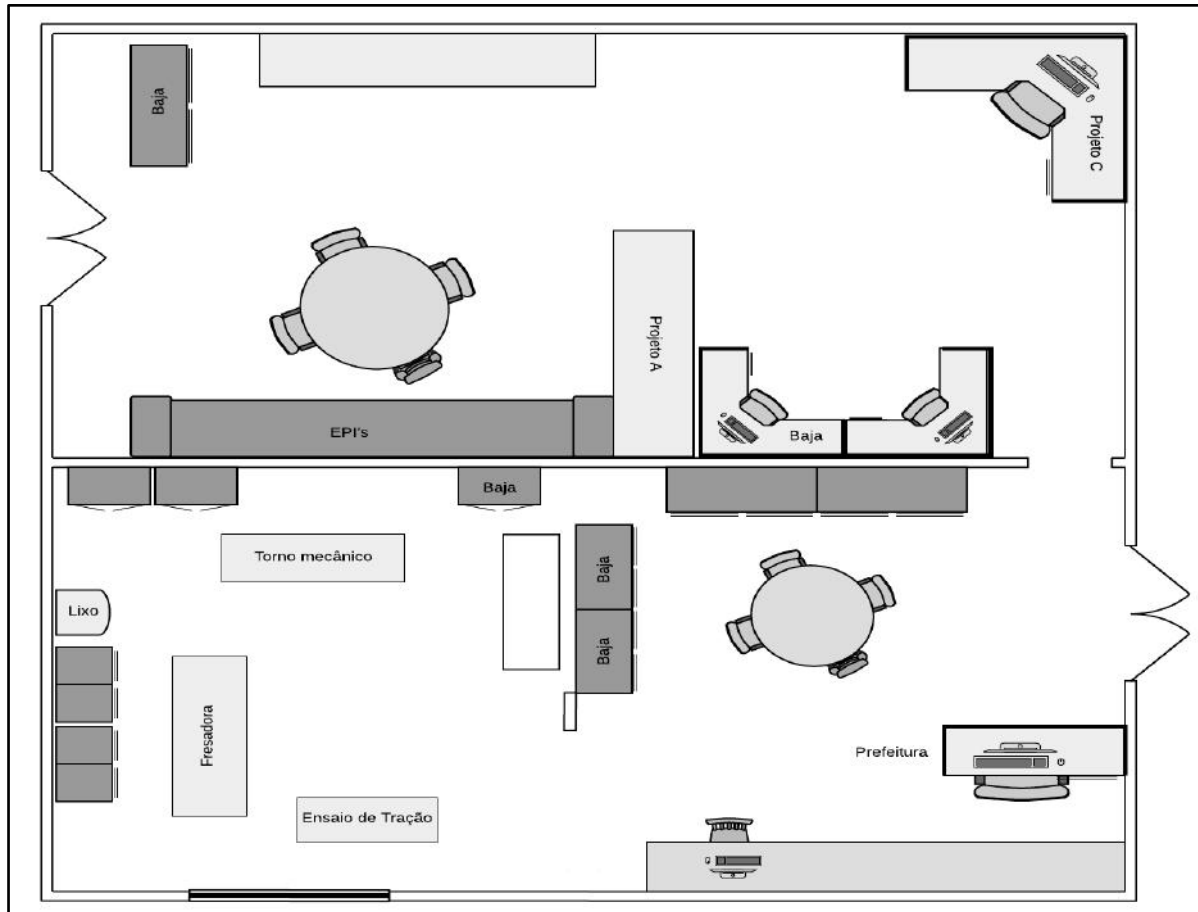
4.1 PRIMEIRA PARTE: ASPECTOS GERAIS

Para aspectos gerais, foram considerados os aspectos físicos do laboratório, os aspectos organizacionais, os recursos disponíveis, as boas práticas aplicadas pelos membros do projeto e, por fim, o projeto do carro.

4.1.1 Aspectos físicos do laboratório

O espaço onde encontra-se o laboratório Baja é composto por dois containers, chamados de módulos, e são divididos com mais dois projetos estudantis aqui identificados por A e C. A divisão onde fica o maquinário é utilizada por todo o corpo estudantil de Engenharia conforme a necessidade. Além disso, um funcionário da Prefeitura de Macaé é responsável por auxiliar na administração do local. A Figura 6 mostra a representação do laboratório utilizado pelo Baja.

Figura 6 - Representação do laboratório utilizado pelo Baja.



Fonte: Elaborado pela autora.

Demarcadas na figura estão áreas dedicadas aos projetos específicos e áreas de uso comum, como o maquinário, mesas, cadeiras e alguns armários. Não constam na figura alguns materiais livres no espaço, como caixas, baterias, partes de móveis, maquinário não utilizado pela equipe Baja e outros objetos.

A entrada para o módulo fica localizada no primeiro container e ele é ocupado majoritariamente pelos três projetos, onde dividem o espaço para reuniões, armazenamento de itens gerais, documentos administrativos e painéis organizacionais. Os EPI's são de uso comum e encontram-se dispostos abaixo de uma bancada. Nessa parte também se encontram dois computadores e duas mesas disponibilizadas ao projeto Baja.

Localizados no segundo container, a equipe possui três armários à sua disposição para armazenamento de ferramentas e outros materiais utilizados diretamente no manuseio do carro. O maquinário fica disponível para uso, porém é comum que o projeto terceirize modificações

e criações de partes do carro devido à precisão necessária para a competição. Por fim, nessa área há uma saída para a oficina onde trabalham efetivamente na montagem e manutenção do veículo.

Cabe sinalizar que na porta do laboratório estão inseridos avisos que visam alertar as pessoas que frequentam o laboratório acerca dos aspectos de segurança no ambiente, conforme Figura 7.

Figura 7 - Avisos na porta de saída do laboratório para a oficina.



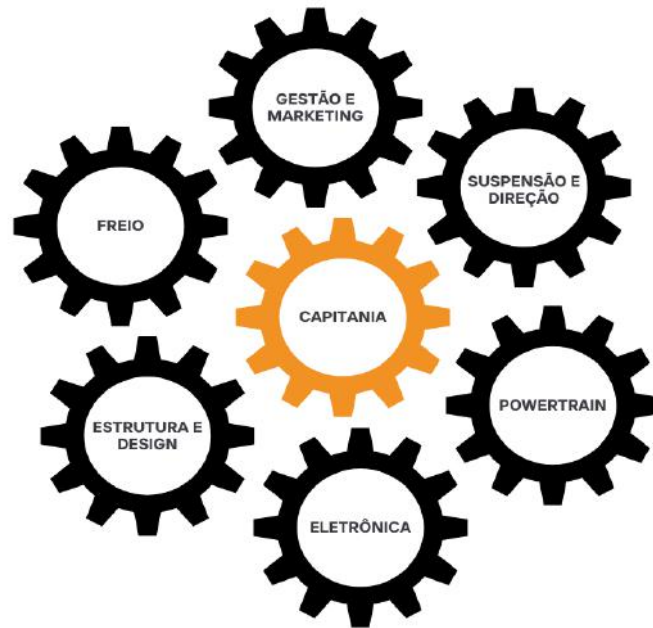
Fonte: Foto tirada pela autora.

As informações que constam nos avisos englobam segurança dos alunos, vestimenta obrigatória, limpeza e horário de utilização do laboratório.

4.1.2 Aspectos organizacionais

A equipe é composta por 25 membros e divide-se em seis setores, possuindo uma liderança geral, chamado de capitão ou capitã. Os setores são: gestão e marketing, suspensão e direção, *powertrain*, eletrônica, estrutura e design e freio, conforme a figura 8.

Figura 8 - Organograma da equipe.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gestão e marketing: setor responsável pelo planejamento da equipe, acompanhamento de programas e metas, divulgação, relacionamento com patrocinadores, finanças e criação de produtos.

Suspensão e direção: setor responsável por garantir conforto no manuseio do volante ao passar por curvas e obstáculos. Projeta peças para facilitar a dinâmica do veículo durante as competições.

Powertrain: setor responsável por garantir que a potência do motor seja transmitida para a roda. Seleciona a forma de câmbio mais adequada, desenvolve a caixa redutora e realiza manutenção preventiva.

Eletrônica: setor responsável pela obtenção de dados, segurança da parte elétrica do veículo, programação e escolha de sensores.

Estrutura e design: setor responsável pela segurança do protótipo do carro, segurança do piloto, ergonomia, estética do veículo e cálculo estrutural.

Freio: setor responsável por garantir conforto e segurança ao condutor e certificar que o freio acione as quatro rodas do veículo.

Por meio dessa organização os integrantes projetam, validam e fabricam todos os sistemas do veículo, visando proporcionar aos membros experiência com planejamento, controle de custo e métodos de manutenção, auxiliando na formação em engenharia.

4.1.3 Recursos disponíveis

A equipe possui acesso a três máquinas que são utilizadas com frequência: fresadora (Figura 9a), máquina para ensaio de tração (Figura 9b) e o torno mecânico (Figura 9c).

Figura 9 - Máquinas disponíveis no laboratório.



Fonte: Foto tirada pela autora.

A fresadora desempenha trabalho de usinagem nas peças, ou seja, a máquina em questão é um recurso essencial para conferir aos metais uma nova forma de contraste, configuração ou utilidade. Ela é capaz de se adaptar a diferentes tipos de metais, cada um com suas características específicas, a fim de encontrar as formas adequadas.

A máquina para ensaio de tração é um dispositivo para teste de resistência à tração, igualmente conhecido como instrumento para análise de tração ou sistema versátil de testes (SVT). É um mecanismo de avaliação eletromecânico que aplica uma carga de tração em um material, visando determinar sua capacidade de resistência e observar seu comportamento de deformação até o ponto de ruptura.

O torno mecânico é um equipamento que gira a peça selecionada, fixando-a em uma placa com três ou quatro garras, localizada entre os pontos de centro. Durante a operação, uma

ou mais ferramentas de corte são aplicadas em um movimento ajustável de avanço, encontrando a superfície da peça e removendo material, conhecido como cavaco, de acordo com as condições técnicas apropriadas.

Nenhuma das máquinas possui plano de calibração, que ocorre de forma aleatória e sem registro. Durante a visita foi observado que a área de utilização não é demarcada para segurança, notou-se ainda restos de uso como limalha e fluido não destinados ao lixo de forma correta.

Quanto à mobília, a equipe faz uso de três armários de diferentes tamanhos e propósitos. O primeiro armário, que se encontra apoiado sobre outros (Figura 10), é chamado de “armário administrativo” e é utilizado majoritariamente para armazenar itens de venda e patrocínio como canecas, chaveiros e bolsas.

Figura 10 - Armário administrativo.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Os dois armários maiores (Figura 11) tem a finalidade de guardar ferramentas gerais para uso no carro organizadas nas prateleiras de acordo com sua função. Contando com um controle manual de estoque para os itens consumíveis (11a), o armário esquerdo guarda itens como porcas e arruelas de diferentes tamanhos, além de balanças, réguas, trenas, esquadros, entre outros materiais. Para armazenar itens utilizados em cada subsegmento que compõem o carro (11b), a equipe utiliza o armário direito onde encontram-se itens como fitas, esmerilhadeira, tintas de cores variadas, sprays, ferramentas para usinagem e diferentes tipos de discos tais como disco de corte, disco de escova trançada, disco de desbaste e disco flap.

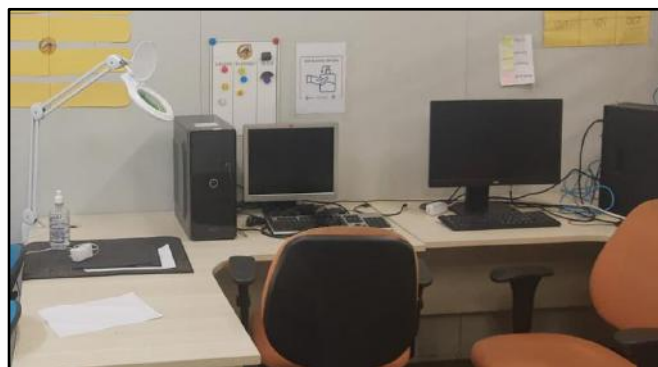
Figura 11 - Armário de itens gerais e Armário sub segmentado.



Fonte: Elaborada pela autora.

A equipe possui dois computadores (Figura 12) à disposição do time para serem utilizados conforme necessidade nos projetos do carro de competição. Também, guardam documentos importantes trancados à chave no gaveteiro da mesa.

Figura 12 - Computadores.



Fonte: Foto tirada pela autora.

O projeto possui em seu inventário alguns equipamentos de proteção individual (EPI) disponíveis, como óculos de proteção, macacão, jalecos, calças e botas (Figura 13). Todos os itens foram adquiridos por meio de doações e, portanto, não há facilidade de serem substituídos

após longo tempo de uso. A limpeza dos equipamentos de proteção é de responsabilidade do servidor da prefeitura que ajuda a administrar o laboratório.

Figura 13 - EPI 's.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Nas paredes do módulo, a equipe colou cartazes com informações e práticas relevantes ao cotidiano do projeto que serão discutidos no tópico 4.1.2

4.1.2 Práticas adotadas

As imagens apresentadas (Figura 14 e Figura 15) mostram algumas práticas organizacionais e de incentivo à produtividade que foram adotadas entre 2019 e 2021, principalmente antes da pandemia de COVID-19. Porém, atualmente, apesar de encontrarem-se dispostas nas paredes do laboratório e nos armários, não fazem mais parte do cotidiano do projeto.

Os membros da equipe do projeto Baja executavam controle de estoque e arrumação dos armários de acordo com duas listas coladas na porta do armário de itens gerais, visíveis toda vez que eram utilizados (Figura 14a). Os materiais eram classificados entre consumíveis e de medição, sendo os primeiros passíveis de reposição pós uso. A responsabilidade de arrumação dos armários e da oficina era revezada entre os setores do projeto e possuía prazo de duas semanas para conclusão.

Também visível na porta do armário de itens gerais (Figura 14b), o grupo utilizava como ferramenta de incentivo a sugestões e melhorias materiais úteis para coleta de opinião anônima, como post-its classificados de acordo com o propósito da mensagem emitida, que poderiam ser guardados em um compartimento a ser analisado depois pela liderança.

Figura 14 - Itens nas portas dos armários.

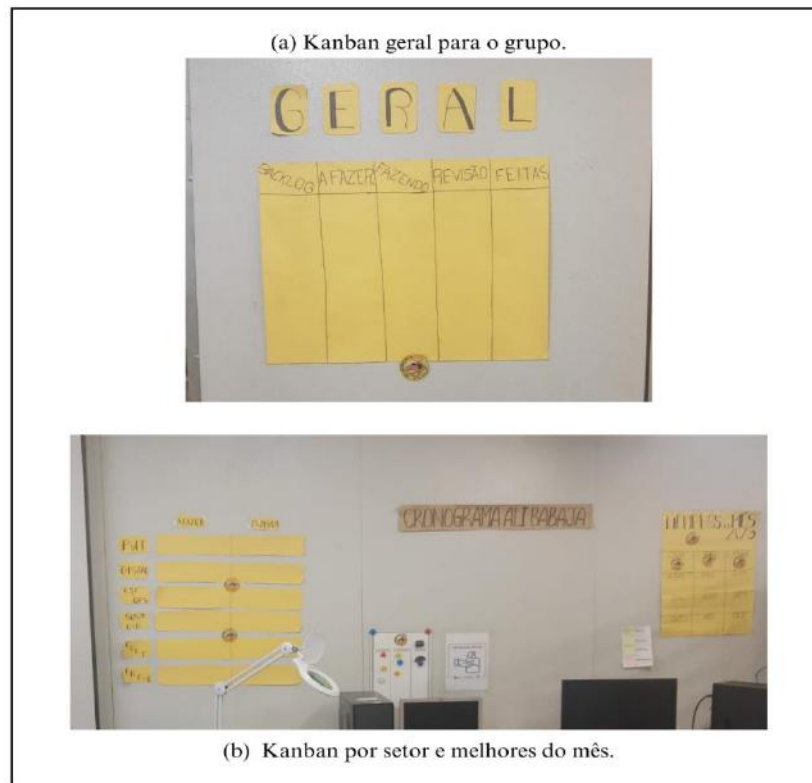


Fonte: Foto tirada pela autora.

Como método organizacional e cronológico a equipe adotava o *Kanban* em cartazes visíveis na parede do módulo (Figura 15a e 15b), envolvendo toda a equipe em atividades gerais do veículo e laboratório e também em atividades setorizadas. Atualmente, utilizam o programa *Trello* para o mesmo objetivo, porém contemplan voltar a utilizar o método fisicamente.

Há um cartaz, localizado no extremo direito (como pode ser visualizado na Figura 15b) como tentativa de reconhecer o membro destaque do mês. Porém até o momento a equipe inteira foi reconhecida pela sua performance, representado pelo adesivo do time colado nos respectivos meses em que a ferramenta foi utilizada, ou seja, de janeiro à março de 2023.

Figura 15 - Kanban e melhores do mês.



Fonte: Fotos tiradas pela autora.

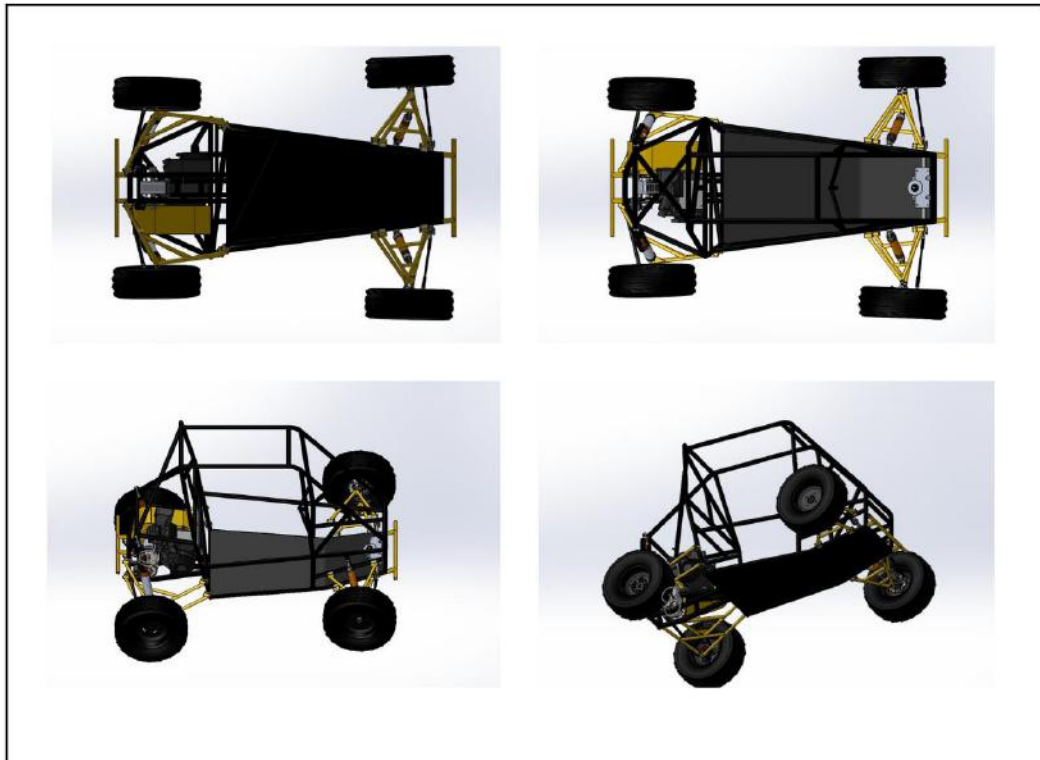
Todavia, com o desuso do laboratório durante a pandemia de COVID-19, tais práticas foram perdendo incentivo. Atualmente, o projeto passa por uma reestruturação com nova liderança e entrada de novos membros. Assim, o grupo pretende adotar novamente algumas práticas como o *Kanban* e adquirir uma presença mais ativa no laboratório e na oficina, mantendo os itens e espaços dedicados ao projeto mais organizados, limpos e otimizados.

4.1.3 Projeto do carro

Para a equipe Baja preparar-se para uma nova competição, é necessário que construam o veículo inteiramente do início, ou seja, não podem aproveitar a estrutura física do veículo anterior. Isso significa que a cada dois anos se faz necessário a construção de um novo carro. Com essa condição, os membros organizam-se para estudar o que pode ser melhorado de um veículo para o outro avaliando o âmbito estrutural, dinâmico e comportamental do veículo.

Em seguida, elaboram o projeto do veículo utilizando o software de CAD 3D *SolidWorks*. Nesta etapa, utilizam o protótipo anterior como base, mas com o propósito de criar um projeto novo e implementar as modificações necessárias. A figura 16 representa o último veículo projetado pela equipe.

Figura 16 - Veículo *off-road* projetado no *SolidWorks*.



Fonte: Equipe Baja.

A elaboração do projeto segue um *checklist* de 113 passos desenvolvido internamente, que estipula o tempo gasto em dias para modelar cada seção do carro, totalizando cerca de um ano, além de definir uma ordem a ser seguida com tarefas sucessoras e predecessoras.

4.1.4 Operação

A operação de montagem, manutenção e desmontagem do veículo acontece na oficina compartilhada anexa ao laboratório. O espaço é aberto, cercado por portões gradeados de ferro e é ocupado por ferramentas, materiais dos demais projetos e o veículo *off-road* ao ar livre (Figura 17). A equipe possui um armário de ferramentas, as quais são armazenadas verticalmente e de acordo com sua forma física (Figura 18) dado o espaço disponível e facilidade para escolha.

Figura 17 - Oficina.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 18 - Armário de ferramentas.



Fonte: Foto tirada pela autora.

O conhecimento acerca das práticas operacionais do veículo sofreu defasagem durante a pandemia de COVID-19, de acordo com o relato da equipe. Porém, recorrem a ex-membros do projeto e manuais e guias da competição Baja SAE quando necessário.

4.1.4.1 Procedimentos de Desmontagem

Considerando que o projeto possui recursos financeiros limitados, ao desmontarem o veículo anterior para se preparar para uma nova competição, tentam aproveitar ao máximo suas peças e partes, descartando apenas os itens avariados e sem chances de conserto. Assim, otimizam o gasto de recursos e limitam-se a comprar ou fabricar novas peças e partes apenas quando necessário.

4.1.4.2 Procedimentos de Montagem

O projeto não possui a operação de montagem do carro padronizada e documentada, porém toma como referência o Regulamento Administrativo e Técnico Baja Sae Brasil para definir os requisitos referentes à estrutura e componentes do carro. Por fim, a liderança descreveu a expectativa de como planejam construir o veículo para a próxima competição e tal processo será estruturado na seção 4.2.

4.1.4.3 Procedimentos de manutenção

A equipe não possui um manual padronizado de manutenção do veículo *off-road*, portanto, ao longo dos meses realizam a manutenção livremente conforme necessário. Todavia, ao prepararem-se para uma nova competição, após possuírem o veículo montado, certificam-se de seguir detalhadamente o documento de Inspeção de Conformidade Técnica e Segurança fornecido pelo Baja SAE Brasil e demais requisitos cobrados na competição que especificam os aspectos gerais do projeto, motor, sistemas diversos, segurança e demais partes que compõem o carro.

4.2 SEGUNDA PARTE: SOLUÇÕES E MELHORIAS

As soluções propostas nesta seção tiveram como base a teoria abordada no presente trabalho e visam tornar o cotidiano da equipe de competição Baja da UFRJ Macaé mais ágil, organizado, padronizado e eficiente.

Nesta etapa de aplicação foram considerados três eixos, sendo eles: a aplicação da TPM e 5S, o tratamento de desperdícios e uma proposta de programa de implantação da TPM.

4.2.1 Aplicação da TPM e 5S

Nesta etapa de aplicação foram considerados os armários, máquinas, EPI 's e padronização dos procedimentos internos. Neste sentido, pretende-se considerar os conceitos do 5S que tenham aplicabilidade a cada um dos itens e os pilares da TPM.

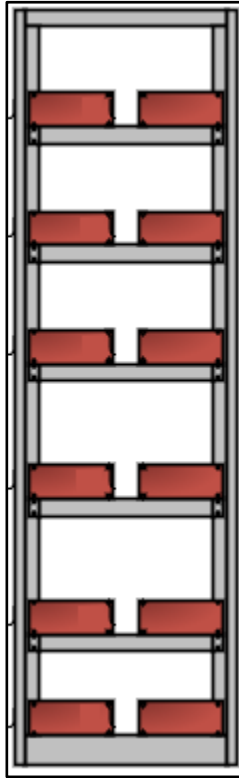
4.2.2 Armários

Os armários apresentados nos tópicos 4.1.3 e 4.1.4, apesar de cumprirem seus propósitos específicos, podem usufruir de melhorias, principalmente nos aspectos de utilização, organização e padronização. Para tal, sugere-se a aplicação dos conceitos de *seiri* (senso de utilização), *seiton* (senso de organização), *seiketsu* (senso de padronização) e do pilar de melhoria nos processos administrativos.

O uso de *seiri* é adotado pela equipe ao utilizarem fichas no armário de itens gerais e nas prateleiras com a identificação dos itens que podem ser armazenados e em qual local (Figura 11). Todavia, essa prática não abrange os demais armários e os itens armazenados são dispostos, muitas vezes, aleatoriamente. Esse costume pode levar a perda de objetos e materiais, avarias e desconhecimento em tempo hábil de itens que precisam ser repostos.

Sendo assim, sugere-se a aplicação do *seiton* e *seiketsu* para categorização dos demais armários e organização dos itens de forma que os mais utilizados fiquem à frente, alocando-os em um compartimento separado, como uma faixa vermelha, facilitando o controle visual e a manutenção da organização do local. Espera-se com essas ações que sejam liberadas as áreas que eram ocupadas com materiais desnecessários, proporcionando maior agilidade na procura de itens, redução no risco de acidentes por materiais dispostos incorretamente e maior controle de custos visto que diminuirá o risco de perda, avarias e descontrole de estoque no geral.

Figura 19 - Armário com controle visual (faixa vermelha).



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao pilar de melhoria nos processos administrativos, sugere-se a adoção de uma planilha inventarial para categorização e registro de itens de forma a tornar mais prático o controle de estoque, custos e registros como prazo de validade. Tais ferramentas ajudarão a promover limpeza e ordenação que facilite a comunicação entre membros do projeto, evite a compra de materiais e componentes desnecessariamente e proporcione boa apresentação da oficina.

4.2.3 Máquinas

Conforme mencionado anteriormente no tópico 4.1.3, nenhuma máquina possui um plano formal de manutenção, uma vez que esse processo ocorre de maneira aleatória. Além disso, a área de utilização das máquinas não é devidamente demarcada para garantir a segurança. É comum também encontrar vestígios de uso nas máquinas, tais como aparas de metal e fluidos, os quais não são descartados adequadamente.

Podem ser aplicados para proposta de otimização: os conceitos de TPM, pilar de manutenção planejada, controle inicial e pilar de saúde, segurança e meio ambiente e o senso seiso.

Apesar das máquinas serem de uso comum, seguindo o pilar da manutenção planejada e como primeira medida de otimização; sugere-se a criação de uma ficha de manutenção (Figura 20) para o maquinário, cujo propósito é o registro cronológico das calibrações ou reparos. Ademais, é importante a criação de um plano de manutenção periódica, visando aumentar a utilidade das máquinas, prevenindo quebras e possível variabilidade nos itens criados ou usados, tornando o projeto mais competitivo.

Ao adotar a manutenção planejada, ocorre simultaneamente a implementação do pilar de controle inicial, uma vez que são analisados diversos fatores, como o custo da manutenção e a possibilidade de ocorrência de produtos com defeitos. Isso resulta em um aumento na eficiência da produção, permitindo acelerar o desenvolvimento dos processos.

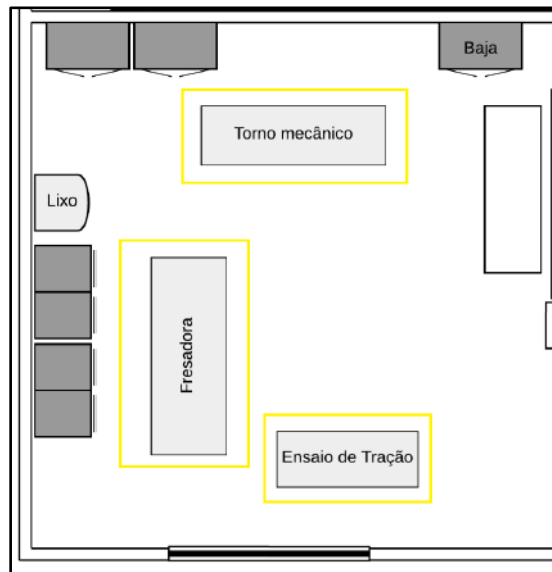
Figura 20 - Ficha de manutenção.

Planilha de Controle de Calibrações							
Equipamento	Local	Identificação	Certificado (n.º)	Frequência de Calibração	Data da Última Calibração	Data da Próxima Calibração	Observações
TR - 01	Engenheiro Residente (Obra X)	Gravada no Equipamento	MK - 2502	Trimestral	5/23/2002	8/23/2002	
PR - 02	Escritório (Obra Y)	Gravada no Equipamento	MK - 2304	Semestral	5/23/2002	11/23/2002	

Fonte: Scribd.

A respeito do pilar de saúde, segurança e meio ambiente, ressalta-se a necessidade da demarcação com cor de destaque da área no chão em volta das máquinas, conforme exemplo (Figura 21). Esta medida tornaria o ambiente do projeto mais seguro e saudável, visando a não ocorrência de acidentes, ao proporcionar um local adequado à saúde e bem-estar dos membros.

Figura 21 - Proposta de demarcação de área de segurança.



Fonte: Elaborado pela autora.

No âmbito do senso *seiso* (senso de limpeza), a limpeza do maquinário após o uso é fortemente recomendada, visto que o grau de limpeza gera impacto na segurança e na qualidade das atividades realizadas. Sugere-se o uso de ímã para limpeza das limalhas no torno mecânico e o nivelamento do recipiente que armazena o fluido de refrigeração da fresadora para que o líquido caia no ralo sem acumular. Em acréscimo, a separação de um recipiente específico para o descarte exclusivo das limalhas.

4.2.4 EPI'S

O projeto Baja possui em seu inventário alguns EPI's disponíveis, como óculos de proteção, macacão, jalecos, calças e botas. Todos os itens foram adquiridos por meio de doações e, portanto, não há facilidade de serem substituídos após longo tempo de uso, conforme mencionado no tópico 4.1.3. Porém, é possível encontrar pontos de mitigação de danos ao concentrar ações nos pilares de educação e treinamento, manutenção da qualidade e melhorias específicas e dos sentidos *seiri* (senso de utilização) e *seiton* (senso de organização).

Considerando-se que os itens de proteção possuem prazo de validade, é de interesse da equipe criar um inventário dos EPI's utilizados identificando-os e registrando seu prazo de vida útil, que condiz com o tempo estimado de bom uso dos acessórios, aplicando o pilar da manutenção da qualidade que busca atingir e assegurar a qualidade total identificando e controlando as relações entre a qualidade dos itens e a deterioração de suas partes.

Ainda, recomenda-se que eles sejam organizados de forma que os mais próximos da data de vencimento sejam utilizados com mais frequência, alocando-os na prateleira de cima do armário, por exemplo. Dessa forma, é possível aplicar os sensores *seiri* e *seiton* ao organizá-los e utilizá-los com o objetivo de preservar por mais tempo aqueles com a data de validade mais longa.

Por fim, como não há facilidade de troca dos equipamentos de proteção, a conscientização e o treinamento dos membros a respeito do seu manuseio adequado pode conservar suas propriedades de proteção por maior tempo. Os pilares de educação e melhorias específicas abrangem esse âmbito ao afirmarem que nenhuma melhoria de processo é alcançada sem o desenvolvimento de pessoas e melhorias específicas englobam atividades que busquem a otimização da funcionalidade de equipamentos. Logo, os membros devem aprender as formas adequadas de uso e armazenamento dos itens e praticá-las frequentemente.

4.2.5 Padronização de processos internos

Apesar de possuírem documentos de referência, tanto internos quanto fornecidos pela competição, os membros do projeto relataram perda de informação devido a rotatividade de membros ao longo dos anos, cessão das práticas durante a pandemia de COVID-19 e procedimentos não padronizados.

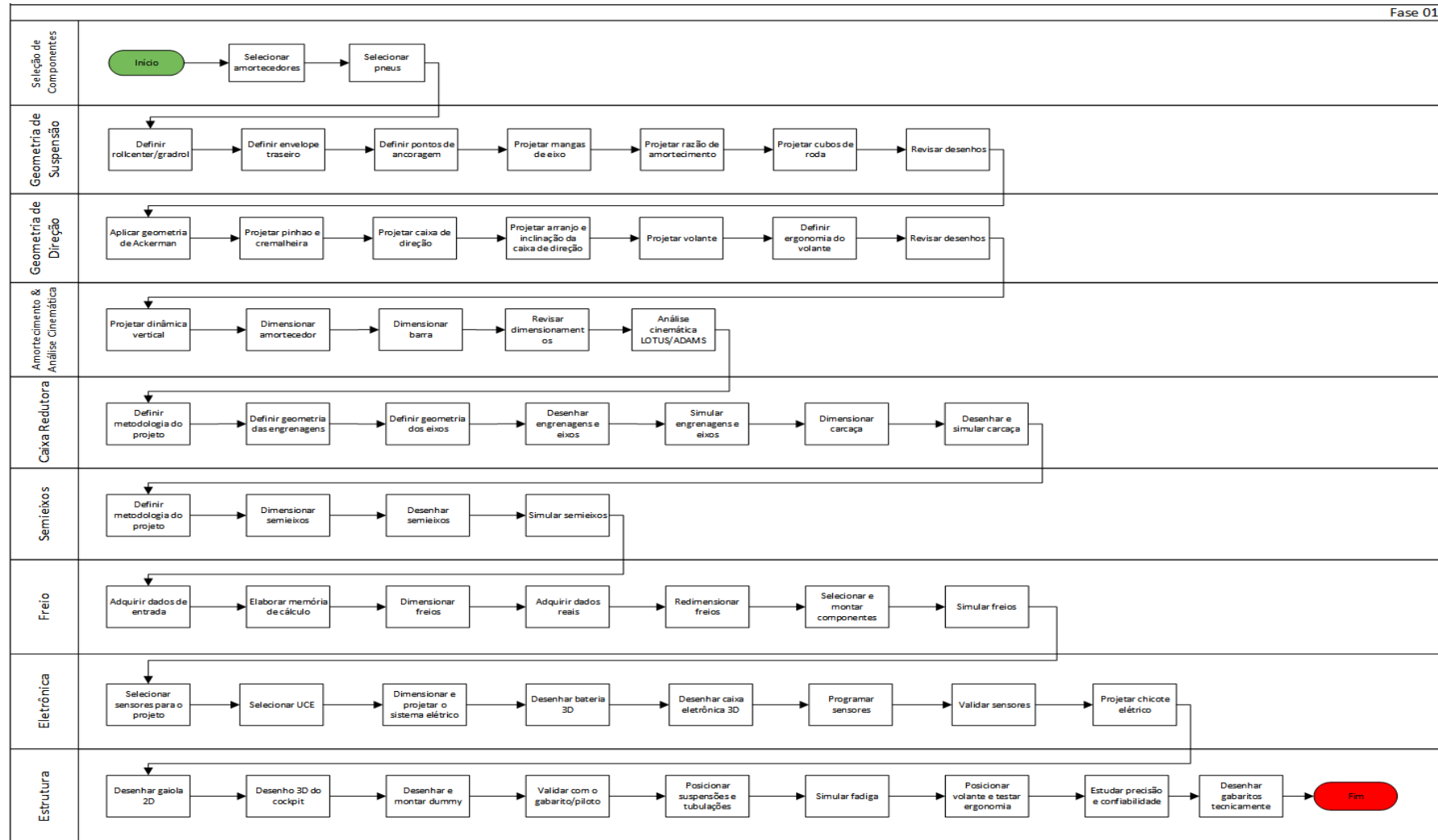
Portanto, nesta seção serão propostos fluxogramas dos processos de projeção e montagem do veículo *offroad* de acordo com os dados coletados ao longo desta pesquisa. A padronização dos processos segue o pilar área administrativa e o senso *seiketsu*, buscando evitar perdas de informação ao estabelecer uma base de dados confiável e agilizar o processo produtivo da equipe.

Apesar de não possuírem procedimento padronizado de manutenção, a equipe segue um manual detalhado de requisitos Baja SAE pré-competição e tomam-no como guia interno para essa etapa da operação.

4.2.5.1 Projeção

O fluxograma apresentado abaixo detalha o projeto do carro Baja no *SolidWorks*, representando de forma visual e estruturada as etapas e componentes envolvidos no processo.

Figura 22 – Projeção do veículo no Solidworks



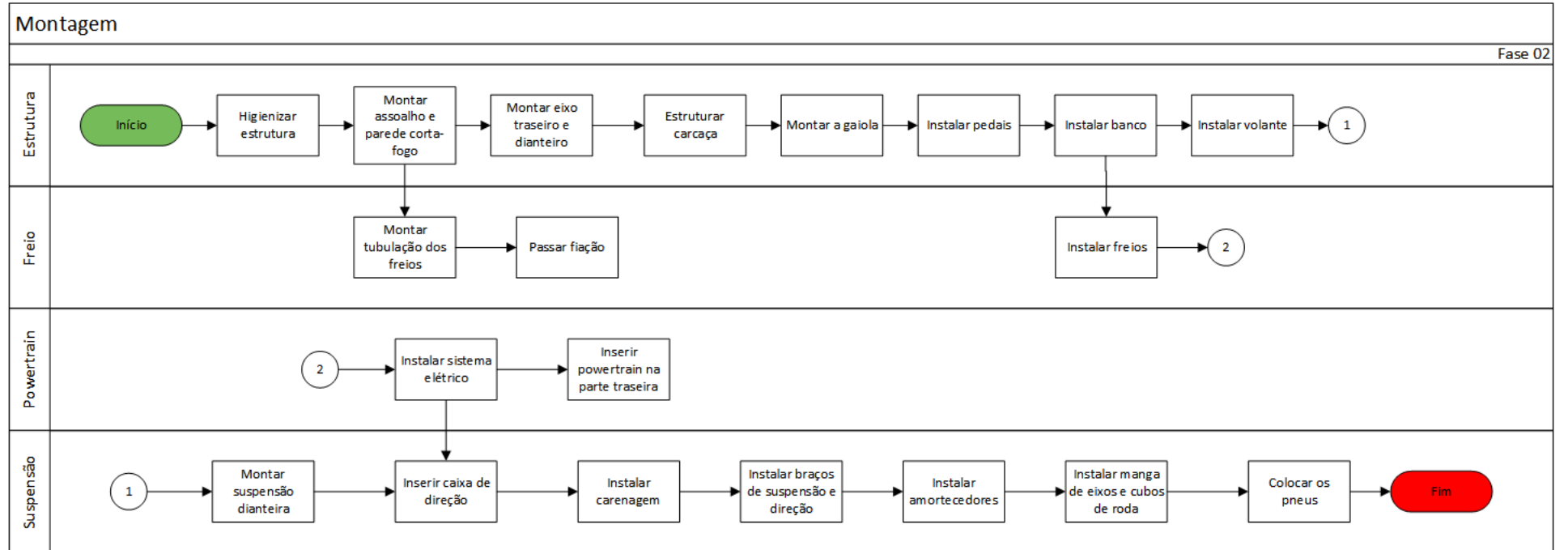
Fonte: Elaborado pela autora.

A projeção do veículo possui nove áreas diferentes e inicia-se na seleção dos componentes como amortecedores e pneus. Em seguida, as geometrias de direção e suspensão, amortecimento e análise cinemática do carro são definidas, projetadas e revisadas, respectivamente. Na próxima etapa, a caixa redutora e os semieixos são definidos, dimensionados, desenhados e simulados. Dados para o projeto de freio são adquiridos e estes são dimensionados e simulados. Em seguida sensores eletrônicos são selecionados e validados para, por fim, a estrutura do veículo ser desenhada, validada e simulada.

4.2.5.2 Montagem

O fluxograma apresentado abaixo detalha o processo de montagem do veículo *offroad* ao se preparem para participar de uma nova edição da competição Baja SAE Brasil.

Figura 23 – Montagem



Fonte: Elaborado pela autora.

O processo de montagem do carro é dividido em quatro seções principais e muitas das etapas ocorrem simultaneamente. Inicialmente, o projeto adquire a estrutura do carro, higieniza-a e inicia a instalação de assoalho e parede corta-fogo enquanto instala a tubulação dos freios e passa os fios que serão utilizados no sistema elétrico. Em seguida, os eixos traseiro e dianteiro são montados, a carcaça estruturada e as partes do *cockpit* instaladas. Nessa etapa, também simultaneamente, são instalados os freios, sistema elétrico, e é montada a suspensão dianteira para, em seguida o *powertrain* ser inserido. Encaminhando-se para o final da montagem a caixa de direção e a carenagem são instaladas, assim como braços de suspensão e direção, amortecedores e manga de eixos e cubos de roda. A última parte é a instalação dos pneus e, assim, o carro considera-se montado.

4.3 TRATAMENTO DE DESPERDÍCIOS

A figura 6 apresentou o *layout* do módulo utilizado pela equipe Baja e demais projetos estudantis da UFRJ Macaé. Ao analisar a disposição dos móveis e recursos do laboratório utilizados pelo projeto e a saída para oficina, é possível reposicionar itens de forma que desperdícios de movimentação e transporte sejam mitigados.

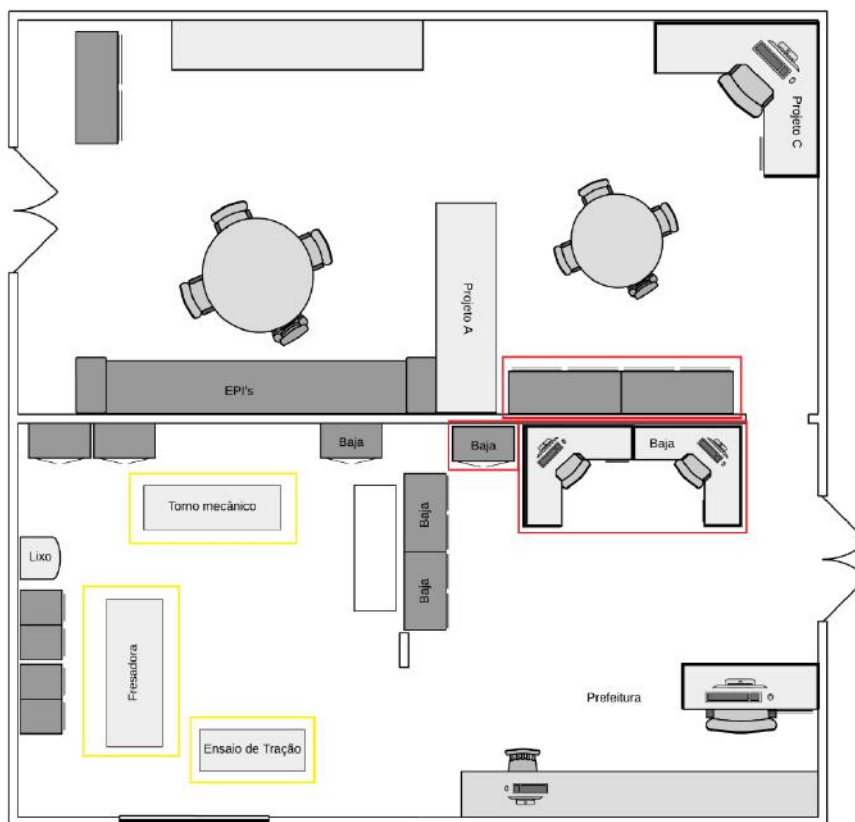
No layout original os recursos utilizados pelo Baja como mesas, computadores e armários não ficam concentrados em uma área próxima, mas dispersos pelo laboratório produzindo, assim, movimentos e transportes desnecessários realizados pelos membros a fim de buscar ferramentas, documentos ou esclarecimentos. O deslocamento de materiais ou informações de um local para outro no espaço, sem agregar valor ao produto pode ser prejudicial para a eficiência.

Propõem-se, então, trocar os dois armários, não utilizados pelo projeto, que ficavam na lateral direita do segundo módulo com as duas mesas com os computadores utilizados pela equipe para processos administrativos e projeto do veículo. Também, realocar o armário administrativo da entrada do laboratório para a parte direita do módulo concentrando, assim, todos os itens e recursos pertencentes ao projeto em um só local e próximos à oficina onde os membros do projeto passam a maior parte do tempo ativamente.

Portanto, considerando as medidas da mesa (1,5m x 1,2m), do armário maior (1,5m x 0,8m x 0,45m) e do armário menor (0,74m x 0,68m x 0,28m), torna-se possível

fazer a mudança por haver espaço hábil e a figura 24 representa como ficaria o novo layout.

Figura 24 - Proposta de layout do laboratório



Fonte: Elaborado pela autora.

Em vermelho estão destacadas as mobílias que seriam realocadas e em amarelo a melhoria proposta no tópico 4.2.3 referentes a demarcação da área de segurança ao redor do maquinário.

4.3.1 Programa de implantação da TPM

Em vista de aplicar e aprimorar as propostas de melhoria apresentadas neste trabalho, assim como tornar a Manutenção Preventiva Total parte do cotidiano do projeto, foi criado um programa de implementação da metodologia conforme os tópicos abaixo.

4.3.2 Lançamento da campanha

A primeira etapa contempla o lançamento da TPM na gestão organizacional do projeto e com seus membros. Sendo assim, é importante que o lançamento contemple um

anúncio feito pela liderança, revelando o engajamento desta na implantação do programa de TPM.

A campanha de lançamento deve fornecer informações claras a todos os participantes do projeto, apresentando-lhes os princípios fundamentais e os valores da filosofia. É essencial que os membros compreendam plenamente como a TPM pode aprimorar a eficiência das operações por meio da redução de perdas, do planejamento adequado e da implementação de medidas preventivas.

Para tal, recomenda-se uma campanha de endomarketing iniciada com uma reunião de abertura com a presença de todos os membros, confecção de camisetas cujo tema seja o início da implantação da TPM ou frases que demonstrem a filosofia de melhoria contínua do projeto. Paralelamente, iniciar uma campanha nas redes sociais do projeto e atualizar conforme o andamento do programa.

4.3.2.1 Organização para a implementação

A organização prevista nesta etapa envolve algumas atividades preliminares de recursos humanos, layout e gestão de informações que devem ser empreendidas para facilitar a implantação da TPM.

Dentro de um projeto estudantil entende-se que todos sejam iguais hierarquicamente e a distribuição de funções seja apenas um artifício organizacional. Todavia, é importante que cada setor tenha líderes com perfil apropriado para manter em andamento a motivação da equipe e as melhorias nos processos e equipamentos.

Quanto ao *layout*, sugere-se a adoção da proposta discutida no tópico 4.3. Em todas as situações, é necessário avaliar os espaços disponíveis e verificar se há áreas adequadas para a realização de reparos, bancadas de ferramentas, armazenamento de peças de reposição, reuniões de equipes de trabalho e treinamento de membros. É importante considerar se há espaços físicos apropriados para essas atividades, levando em conta as necessidades específicas de cada uma delas.

O gerenciamento das informações envolve, inicialmente, analisar as informações existentes referentes à manutenção, permitindo um diagnóstico do desempenho dos equipamentos e ferramentas disponíveis. Em paralelo, realizar uma avaliação da adequação e qualidade das informações disponíveis, e para tal sugere-se o estudo dos fluxogramas propostos neste trabalho e sua interpretação ao cotidiano do projeto.

4.3.2.2 Diretrizes e metas

Com base no diagnóstico da situação atual realizado na etapa anterior, é necessário estabelecer metas viáveis. Essas metas devem ser realistas e alcançáveis, levando em consideração as condições atuais, os recursos disponíveis e as capacidades da equipe.

Sugere-se a elaboração de um planejamento estratégico para o projeto, dividido em metas gerais e metas por setor. As metas também podem ser desdobradas aos equipamentos, competição e ao veículo produzido pela equipe. É importante que as metas sejam compreensíveis e mensuráveis, de forma que se possa acompanhar a evolução dos objetivos.

Paralelamente ao estabelecimento das metas, é necessário definir as diretrizes do programa por meio de um plano diretor. Esse plano deve conter as etapas da implantação da TPM apresentando prazos e responsáveis. Sugere-se como guia as propostas apresentadas nesta seção, cabendo ao grupo designar os responsáveis e estabelecer os prazos. É possível, ainda, que os membros retomem a prática do *Kanban* no laboratório para controle do andamento dos objetivos estipulados, dada a frequência que passam no ambiente.

4.3.2.3 Capacitação dos colaboradores

O sucesso do programa de TPM depende de pessoas qualificadas para conduzi-lo, por isso a capacitação desempenha um papel fundamental na implementação do programa. Sugere-se treinamento dos membros em: entendimento da TPM, trabalho em equipe, liderança de times e conceitos de manutenção, projeção e eletrônica. Os treinamentos podem ocorrer in loco ou virtualmente.

Seria de interesse do projeto e da comunidade acadêmica que fossem envolvidos professores de disciplinas que tratem de gestão da manutenção e *Lean Manufacturing*, assim como alunos e monitores. O objetivo da capacitação é que todos fiquem familiarizados com a TPM e preparados para cumprir seu papel no programa.

4.3.2.4 Implementação da manutenção autônoma

Nessa etapa, os membros devem assumir a responsabilidade sobre os equipamentos e ferramentas que utilizam. A capacitação abrange a proficiência nas

atividades relacionadas à elaboração de padrões de limpeza e organização, criação de listas de verificação, condução de inspeções baseadas nessas listas, identificação de anomalias, realização de pequenos reparos, solicitação de assistência técnica quando necessário, e registro dos parâmetros do equipamento, falhas e intervenções de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo programa da TPM.

À medida que os membros ganham maior experiência nas atividades de manutenção autônoma, eles podem assumir maiores responsabilidades, tais como: efetuar melhorias nos equipamentos, ferramentas e componentes do carro, evitando que gerem resíduos (sujeiras, pó, limalhas, cavacos) que contaminem o ambiente; elaboração de padrões de operação que possam reduzir o tempo de limpeza e organização; elaboração de procedimentos padrões de atividades cotidianas, podendo servir também para treinamento.

4.3.2.5 Implementação da manutenção planejada

O objetivo da manutenção planejada é garantir que os equipamentos mantenham altos níveis de disponibilidade, desempenho e qualidade. Isso é alcançado por meio da aplicação de técnicas de manutenção preditiva e preventiva. Sugere-se a adoção da proposta do plano de manutenção mencionado no tópico 4.2.3.

4.3.2.6 Consolidação do programa

Em geral, esta etapa é empreendida ao final do primeiro ano de funcionamento do programa, mas dada a natureza do projeto e a provável rotatividade entre os membros, sugere-se ao final dos primeiros seis meses. Os resultados obtidos devem ser confrontados com as metas estabelecidas no início do programa, confirmando o retorno do investimento.

Em seguida, com base nos resultados obtidos, é necessário realizar uma análise crítica dos seguintes aspectos: (i) os procedimentos de manutenção autônoma, (ii) os procedimentos de manutenção planejada e (iii) a capacitação dos colaboradores. Neste momento, também devem ser indicados os projetos maiores de melhoria a serem realizados no próximo período visando a redução de perdas e o progresso em direção à falha zero e quebra zero.

Por fim, para que se promova a continuidade dos bons hábitos desenvolvidos a partir da implantação da TPM, é importante observar os sentidos *seiso* (senso de limpeza) e *shitsuke* (senso de autodisciplina). *Seiso* consiste na aplicação de constante organização, limpeza e rotinas definidas com esforços significativos para manutenção de todos os sentidos aplicados e *shitsuke* abrange a busca contínua de melhorias e reeducação de costumes e hábitos na rotina.

Dessa forma, conclui-se que os aspectos gerais das facilidades e processos organizacionais do projeto foram considerados e tratados à luz da manutenção produtiva total e ferramentas de melhoria contínua, conforme discutido na primeira e segunda parte desta seção.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo conduzido por Silva et al. (2022) demonstrou que as estratégias de 5S e TPM são ferramentas consolidadas que contribuem para a eliminação de desperdícios e a melhoria da produtividade no processo produtivo das organizações. Entretanto, observou-se no estudo que a equipe do projeto adotou em determinado momento o *Kanban*. Embora o *Kanban*, por sua vez, seja uma ferramenta simples e de fácil implementação, capaz de auxiliar as empresas na busca por maior eficiência na gestão do processo produtivo, identificando gargalos e possibilitando a implementação de mudanças necessárias, esta metodologia requer manutenção constante e engajamento da equipe. Neste sentido, vale reforçar que a TPM combinada com a melhoria contínua e a aplicação do método 5S, se mostra enquanto uma estratégia assertiva para melhoria da eficiência em sua totalidade.

A implantação dessas estratégias combinadas, requer a participação ativa dos funcionários (conhecido como *kaizen* em japonês). Conforme Chen et al. (2019) em seu estudo de caso, é de suma importância ouvir os integrantes do projeto na coleta de dados e também no processo de validação das propostas, visto que os operadores desempenham um papel fundamental ao contribuir com o redesenho de processos e máquinas.

A TPM tem como objetivo alcançar um ambiente de trabalho confortável e seguro, livre de riscos ocupacionais e poluição, e as atividades de *kaizen* podem ser estendidas para promover a sustentabilidade dos processos, incluindo a busca pela eficiência no uso de materiais e energia, a prevenção da poluição e a segurança dos trabalhadores, evitando choques elétricos, incêndios, vazamentos e derramamentos. Neste sentido, as propostas envolveram os oito pilares da TPM, embora os pilares de manutenção planejada, autônoma, de educação e treinamento e de processos foram de grande relevância para elaboração das ações.

Adicionalmente, de acordo com Abidin et al. (2022), as atividades de melhoria contínua trazem benefícios para todos os funcionários, aprimorando os programas de manutenção interna e proporcionando oportunidades para que os funcionários adquiram novos conhecimentos, desenvolvam novas habilidades, gerenciem ideias e melhorem continuamente os processos operacionais. Notou-se que apenas às mudanças no layout, poderiam resultar ganhos como: redução dos tempos de entrega, estoque reduzido de matéria-prima e maior utilização do espaço, além de contribuírem para a padronização dos processos e das informações.

Abidin et al. (2022) também destacam que os esforços voltados para a educação e treinamento dos funcionários são essenciais para sustentar o crescimento rápido da organização. Além disso, descobriu-se que práticas sociais como o treinamento e educação e o estabelecimento de um sistema de saúde e segurança possibilitam que as empresas aprimorem sua sustentabilidade econômica e ambiental. Portanto, foi considerado nas propostas o envolvimento de integrantes nos treinamentos, até que a equipe ganhe autonomia, ainda, envolvendo outros atores como docentes, monitores, egressos do projeto ou convidados externos. Essas práticas contribuem para o desenvolvimento de competências dos colaboradores, promovendo um ambiente de trabalho seguro e saudável, além de impactarem positivamente nos aspectos econômicos e ambientais da organização.

No estudo realizado por Khalfallah e Lakhel (2021), foi afirmado que a TPM é considerada o sistema mais adequado para garantir a disponibilidade e confiabilidade necessárias das máquinas. As intervenções sugeridas poderão contribuir para manter os equipamentos em seu mais alto nível de disponibilidade e produtividade, bem como, poderá facilitar no processo de concepção dos novos veículos, uma vez que se faz necessário projetá-los a cada dois anos. As práticas de TPM são consideradas essenciais para qualquer sistema de manufatura, logo, serão de grande valor para as equipes de competição que contam com estruturas operacionais bem definidas.

Por fim, os estudos conduzidos por García Alcaraz et al. (2022) concluíram que processos produtivos nos quais as máquinas são regularmente inspecionadas e calibradas apresentam benefícios significativos. Esses benefícios incluem a redução da emissão de líquidos, sólidos e gases no meio ambiente, além da diminuição do retrabalho de peças defeituosas, resultando em menor consumo de energia e produção de resíduos. Assim, o programa de implantação da TPM e as oportunidades de melhorias sinalizadas ao longo dos resultados, vem de encontro com a necessidade de assegurar fatores organizacionais importantes, como a segurança dos trabalhadores e evitar acidentes, fortalecer o engajamento da equipe Baja e alavancar os níveis de confiança individual ao operar as máquinas e os equipamentos disponíveis. Frente ao contexto, algumas recomendações foram descritas no tópico 5.1

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA PROJETISTAS, GESTORES E ENGENHEIROS

Esta pesquisa contribui para o conhecimento dos gestores sobre o impacto das práticas de TPM na promoção de um ambiente favorável aos sistemas de produção ágeis, neste sentido, recomenda-se:

- Recomenda-se, que os gestores envolvam as equipes desde o projeto de concepção do programa de TPM até a implementação, a fim de estabelecer um ambiente propício para a colaboração e apoio da estratégia de melhoria contínua como o 5S.
- As áreas de máquinas e equipamentos são de extrema importância, sugere-se que os gerentes e projetistas considerem a alocação adequada de recursos para maximizar sua capacidade de atender às necessidades do projeto, ao mesmo tempo em que aprimoram a gestão dos níveis de qualificação e educação dentro das organizações.
- Recomenda-se desenvolver treinamentos constantes com a equipe, através de programas educacionais para assegurar a distribuição uniforme do conhecimento entre os colaboradores, a resolução ágil de problemas e o aumento da produtividade.

Dada a importância do engajamento da equipe nos processos de mudança, é sempre recomendado que os gestores envolvam diretamente os funcionários em questões relacionadas à produção, processos e prestação de serviços, enfatizando a importância da participação dos integrantes do projeto, a fim de influenciar o comportamento proativo no Programa de TPM e melhoria contínua.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o funcionamento do laboratório utilizado pela equipe de competição Baja e propor a aplicação de uma filosofia de gestão da manutenção. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma equipe de competição vinculada ao Instituto Politécnico do Centro Multidisciplinar UFRJ Macaé.

No referencial teórico do trabalho foi desenvolvida uma contextualização da teoria de gestão da manutenção, abordando suas diferentes tipologias, com o objetivo de descrever a metodologia TPM, incluindo seus objetivos, pilares e estratégias de implementação. Além disso, destacou-se a importância de metodologias de apoio à melhoria contínua na manutenção, como a identificação e redução dos desperdícios e a aplicação dos princípios dos 5S. Por fim, foram apresentados os projetos universitários como instrumentos estratégicos para a formação dos alunos de Engenharia.

Visando compreender o funcionamento do laboratório e as atividades da equipe de competição Baja, realizou-se uma análise detalhada do projeto. Portanto, na primeira parte analisou-se os aspectos físicos, os aspectos organizacionais, os recursos disponíveis, as boas práticas aplicadas pelos membros do projeto e o projeto do carro. Na segunda parte, considerou-se a aplicação da TPM e do 5S em quatro áreas estratégicas do projeto (armários, máquinas, EPI's e na padronização dos processos internos). Foi analisado o tratamento de desperdícios, com ênfase na mudança de *layout* e finalmente foi proposto um programa de implantação da TPM dividido em sete etapas (lançamento da campanha, organização para implementação, diretrizes e metas, capacitação dos colaboradores, implementação da manutenção autônoma, implementação da manutenção planejada e consolidação do programa).

Por fim observou-se estratégias assertivas para aplicar a filosofia de manutenção produtiva total no ambiente ocupado pela equipe, considerando as metodologias TPM e 5S. Logo, as alternativas desenvolvidas relacionaram a aplicação dos oito pilares da TPM, os cinco sentidos, e ainda contemplou propostas que visam a redução dos desperdícios de movimentação e transporte. A pesquisa conclui que a implementação do Programa de TPM se mostra promissora para o laboratório utilizado pela equipe Baja da UFRJ Macaé, visto que todos os pontos de melhoria possuem solução proposta, aplicabilidade de manutenção viável para um futuro de curto, médio e longo prazo e sugestão de um programa de implantação da filosofia. Algumas recomendações para gestores, integrantes de projetos de competição e projetistas foram descritas.

6.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Entre as limitações do projeto pode-se sinalizar a carência de bibliografias que tratam do assunto em torno da aplicação da filosofia TPM na manutenção de veículos de competição Baja. Vale ressaltar, também, que as propostas do presente estudo consideraram as limitações do projeto em relação a orçamento, patrocínio e ao espaço físico compartilhado.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

O estudo de caso pode ser aprofundado através do acompanhamento da rotina do projeto durante a preparação para a competição Baja SAE, incluindo entrevistas com membros, a fim de identificar de forma mais aprofundada aspectos que contam com espaço para melhorias. No que tange ao processo de manutenção, poder-se-ia analisar as diferentes etapas de concepção do veículo de forma detalhada, visando compreender a operação e suas oportunidades de melhoria global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, I.P.S., Khamba, J.S.: An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. *J. Qual. Maint.Eng.*13(4), 338–352 (2007).

ALBERTIN, Marcos R.; PONTES, Heráclito L. Junior. **Gestão de Processos e técnicas de Produção Enxuta**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

ALFIERI, Diego Ramos; FERNANDES, Higor; FERREIRA, Renato. Projeto logístico para otimização de estoque com a ferramenta 5S.In: Congresso de Logística de Tecnologia do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. FATECLOG, 12: 2021: Mogi das Cruzes, SP. **Anais** [recurso eletrônico] do XII FATELOG, 18 e 19 de junho. 2021. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/parte3/1076-1541-1-RV.pdf>. Acesso em: 03 de jun. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, p. 6. 1994.

BAJA NACIONAL. SAE Brasil, 2023. Disponível em:<https://saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

BARBOSA, Pedro Antonio Andrade. **planejamento e controle de manutenção: implantação da ferramenta TPM em um equipamento piloto na indústria de borracha**. Tese (Bacharel em Engenharia Mecânica). Varginha, 2022.

BASHAR, A., Hasin, A. A., & Jahangir, N. (2022). Linkage between TPM, people management and organizational performance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(2), 350–366. <https://doi.org/10.1108/JQME-11-2019-0105>.

BORMIO, M. R. **Manutenção Produtiva Total (TPM)**. 2000. TCC (Especialização) – Curso de Engenharia de Produção, Cenpro, Minas Gerais, 2000.

CABRAL J. **Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios**. 3 ed.. Lisboa: LIDEL -Edições Técnicas, 2013. 1-409 p.

CARDOSO, R. M. C. **Organização e Gestão da Manutenção**. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, p.5-8. 2019.

CORRÊA, Silva, A. M., da Penha, N. R.; GONÇALVES, J. P. (2017). Extensão Universitária e Formação Docente: contribuições de um projeto de extensão para estudantes de Pedagogia. *Formação@ Docente, Open Journal Systems*9(1), 58-73.

FERNANDES, R. et al. Competições de conhecimentos universitários: método inovador de incentivo à aprendizagem. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ed07/7a1550f6c9569862033289ea42d53eb6e2c8.pdf>. Acesso em: 02 de jun. de 2023.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

GONÇALVES, V. **Implementação de um sistema de gestão de manutenção baseado nos princípios do TPM em uma indústria de fertilizantes**. Orientadora: Elaine Gomes Assis. 2020. 70. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31305>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

GREGÓRIO, G. **Engenharia de manutenção**: recurso eletrônico. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

IRELAND, F., DALE, B.G.: A study of total productive maintenance implementation. **J. Qual. Maint. Eng.**7(3), 183–191 (2001)

JAIN, A., BHATTI, R., Singh, H. (2015), OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept, **International Journal of Quality and Reliability Management**, Vol. 32 No. 5, pp. 503-516.

JAIN, V., RAJ, T.: Modeling and analysis of FMS flexibility factors by TISM and fuzzy MICMAC. **Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.** (2015). <https://doi.org/10.1007/s13198-015-0368-0>

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. Focused equipment improvement for TPM teams. Nova York: Productivity Press, 1997. 144p.

KASWAN, M.S.; RATHI, R. Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework. **Ver. Environ. Impact Assess.**2020,83, 106396.

KAUR H., SINGH C., SINGH R., Impingement of TPM and TQM on manufacturing performance. Munich: BookRix GmbH & Co. KG, 2018.

KODALI, R., CHANDRA, S.: **Analytical hierarchy process for justification of TPM**. **Prod. Plan. Control** 12 (7), 695–705 (2001)

MACEDO, Marco Antonio Subtil. **Contribuição metodológica para a determinação da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção**. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2011.

Maia, Sara Coelho Feiteira. **Aplicação de 5S e redução de desperdícios numa empresa de cutelarias**. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade do Minho. Portugal, p. 23. 2021.

MENDES, Rachel Santos; ROCHA, Thárcilla Pagnozzy da. Avaliação dos programas de qualidade 5s e dos sete desperdícios implementados como práticas enxutas em uma farmácia de manipulação. **Revista Valore**, [S.l.], v. 8, p. e-8003, mar. 2023. ISSN 2526-043X. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/605>. Acesso em: 03 jun. 2023. doi:<https://doi.org/10.22408/reva802023605e-8003>.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho/arquivos/AEAT_2020/aeat-2020. Acesso em: 04 mai. 2023.

Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. 2. Ed. Butterworth Heinemann; 1997.

NASCIMENTO, J. P., MIDORI Yada de Almeida, M. (2021). Manutenção industrial: um estudo de sua importância na competitividade em uma empresa do ramo metalúrgico. **Revista Interface Tecnológica**, 18(1), 416–425. <https://doi.org/10.31510/infa.v18i1.1098>.

NP EN 13306 (2007). Terminologia da manutenção.

Ohno, T. (1988). **The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production**. Portland: Productivity Press.

PARAIBUNA Baragatti, W.; SIQUEIRA Santiago, M. A.; AUGUSTO Kleina, R. .; DA SILVA Prado, L. H. .; ZILIAN JUNIOR, V. . Estudo de caso: desenvolvimento de um plano de manutenção de uma empresa de usinagem através do método tpm. **Revista Campo da História**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 71–92, 2021. Disponível em: <https://ojs.campodahistoria.com.br/ojs/index.php/rcdh/article/view/8>. Acesso em: 29 maio. 2023.

PINTO, J. **Manutenção Lean**. Lisboa: Lidel, Edições técnicas, 2013

PINTO, Paulo Alberto Cardoso. **Proposta de implementação da metodologia TPM e cálculo do OEE na empresa CaetanoBus**. Dissertação (Mestrado de Engenharia) — Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2019.

PIRES, C., JUSTO, Augusto Fernandes, D., ALMEIDA dos Santos, J., RODRIGUES Góes, M., Cesar Gonçalves, P., ALVES JÚNIOR, R. Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção. 2018.

PRATA H. **Manual de Manutenção de Edifícios -Guia Prático**. 2 ed. Porto: Publindústria, Edições Técnicas; 2014.

QUEIROZ, Laura M. A. Planejamento e Controle da Manutenção Aplicados ao Processo de Manufatura no Ramo Alimentício. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza, CE, Brasil, 2015.

REIS, Y. Criação de um roteiro para implementação de manutenção preventiva aos moldes do TPM. In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVIII, 2018, MACEIÓ. Maceió: ABEPRO, 2018. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_258_483_35594.pdf>. Acesso em: 06 de maio de 2023.

SAVAZZI, R.; BALDO, C.; MAFALDA, R. Desenvolvimento de elementos aerodinâmicos para veículos de competição BAJA - SAE. **Revista Geométrica Gráfica**,

v.2, n.2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/geometriagrafica/article/view/239220/30908>. Acesso em: 02 de jun. de 2023.

SANTOS, Maria Izabel Lopez dos; Andrade, Raphael Lourenço de. **TPM Manutenção Produtiva Total: Conceito e Implantação**. Tese (Bacharel em Gestão Empresarial). Americana, 2021.

SANTOS, S. C. D. (2010). O processo de ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno: aplicação dos sete princípios para a boa prática na educação de Ensino Superior". **REGE Revista de Gestão**, São Paulo, v. 8, n 1, jan /mar. 2018

SILVA, A., Alves, W.,; RODRIGUES, H. S. (2022). Fostering the lean approach as a sustainable strategy: challenges from portuguese companies. **International Journal for Quality Research**, 653–665. <https://doi.org/10.24874/IJQR16.02-20>.

SILVA, Aline Elias da. **Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma empresa automotiva**. 2014. Monografia – Curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2014.

SILVA, Ana Paula Mesquista. **Análise de implementação do tpm em uma indústria de alimentos do estado do ceará**. Tese (Bacharel em Administração). Fortaleza, 2020.

SILVA, Ramiro Rodrigues da; ALVES, Mylena R.A.; MERLO, Gabriele L. A importância da aplicação e implantação da tpm em processo industrial. 2018.

SINGH, R. K., GURTU, A. (2022). Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 28(4), 810–830. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2020-0098>.

SINGH, S., AGRAWAL, A., SHARMA, D., Saini, V., KUMAR, A., & Praveenkumar, S. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry. **Inventions**, 7(4). <https://doi.org/10.3390/inventions7040119>.

SINGH, M.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. An interpretive structural modeling approach for analyzing barriers in total productive maintenance implementation. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v.16, n.4, p. 433-450, 2014.

SOUZA, I. **Aplicação da metodologia tpm para aumento de eficiência de uma fábrica de gorduras e margarinas**. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal do Ceará. Ceará, p. 42. 2018.

SURESH, P.K.: TPM implementation in a food industry-A PDCA approach. **Int. J. Sci. Res. Publ.** 2(11), 01–09 (2012)

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portland: Productivity Press, 1994.

TAKAYAMA, Mariana Amorim Silva. **Análise de falhas aplicada ao planejamento estratégico da manutenção.** Graduação em Engenharia da Produção. Universidade Federal De Juiz de Fora. Novembro, 2008.

TELES, Jhonata. **Introdução ao TPM total productive maintenance.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://engeteles.com.br/introducao-ao-tpm-total-productive-maintenance/>. Acesso em: 30 maio 2023.

TOKE, L. K., KALPANDE, S. D. (2023). An assessment of key performance indicators and its relationship for implementation of total productive maintenance in manufacturing sector. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing.** <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01252-5>.

TRIPATHI, D.: Influence of experience and collaboration on effectiveness of quality management practices: the case of Indian Manufacturing. **Int. J. Product. Perform. Manga.**54(1), 23–33(2005)

VAZ, E., Vieira De Sá, J. C., Santos, G., Correia, F., & Ávila, P. (2023). The value of TPM for Portuguese companies. **Journal of Quality in Maintenance Engineering,** 29(1), 286–312. <https://doi.org/10.1108/JQME-12-2020-0121>.

VENKATESH, J. An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). 2007.

VERES, C., Marian, L., MOICA, S., & Al-Akel, K. Case study concerning 5S method impact in an automotive company. **Procedia Manufacturing,** 22, 900–905. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>.

VIANA H. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção de ativos.** Bookstart; 2016.

XENOS, Harilaus G. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2014.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos (4a ed.). Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZITKUS et al. **Uma relação entre design e percepção de desconforto em carros de competição baja SAE.** Rio de Janeiro: Ergodesign e HCI, 2016. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/revistaergodesign-hci/article/view/68>. Acesso em: 02 de junho de 2023.