



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PERSONALIZADO
PARA UMA LOCADORA DE VEÍCULOS**

JULIEDSON E SILVA MODESTO

TUCURUÍ – PA

2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PERSONALIZADO
PARA UMA LOCADORA DE VEÍCULOS**

JULIEDSON E SILVA MODESTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade De Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como Parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

**Orientador:
Prof. Msc. Ronaldo Raposo de Moura**

TUCURUÍ – PA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PERSONALIZADO
PARA UMA LOCADORA DE VEÍCULOS

JULIEDSON E SILVA MODESTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade De Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como Parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Documento assinado digitalmente
gov.br RONALDO RAPOSO DE MOURA
Data: 05/04/2025 15:45:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PRINCIPAL EXAMINADORA

Orientador: Prof. Msc. Ronaldo Raposo de Moura

Documento assinado digitalmente
gov.br WALTER DOS SANTOS SOUSA
Data: 05/04/2025 20:20:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro Interno: Prof. Msc. Walter dos Santos Sousa
FEM/CAMTUC/UFPA

Documento assinado digitalmente
gov.br ARTHUR DOS REIS LEMOS FONTANA
Data: 07/04/2025 14:31:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro Interno: Prof. Msc. Arthur dos Reis Lemos Fontana
FEM/CAMTUC/UFPA

Conceito: BOM

Tucuruí, 02 de Abril de 2025.

Dedico este trabalho à
memória da minha querida
mãe, cuja força e amor
continuam a me inspirar
todos os dias. Sua ausência
é sentida profundamente,
mas seu legado vive em
cada conquista minha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos meus familiares, amigos e à Karoline Figueiredo, cujo apoio foi essencial em momentos decisivos. Suas palavras de incentivo e suporte foram fundamentais para que eu pudesse concluir este estudo com sucesso. Sou grato por toda a compreensão e apoio recebidos ao longo deste processo.

Também expresso minha gratidão à empresa Locabel Locadora de Veículos e Serviços LTDA, onde realizei o estudo deste trabalho de conclusão de curso. A oportunidade e o suporte oferecidos foram indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

“A ciência é um esforço contínuo. Ela é a força motriz de nossa cultura,
da humanidade em geral.”
(Stephen Hawking)

IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PERSONALIZADO PARA UMA LOCADORA DE VEÍCULOS

RESUMO

A manutenção automotiva é essencial para garantir o desempenho e a segurança dos veículos, englobando inspeções periódicas e reparos. Em um contexto empresarial, especialmente em empresas de locação de veículos para motoristas de aplicativo, a elaboração de um plano de manutenção se torna crucial devido ao uso intensivo e variado das condições de tráfego. A confiabilidade dos veículos utilizados em serviços como Uber e 99 está diretamente relacionada à implementação de um plano de manutenção eficaz, que impacta a disponibilidade da frota e a satisfação dos clientes. Este trabalho defende a necessidade de um plano de manutenção específico para a empresa LocaBel Locadora de Veículos e Serviços Ltda, visando atender as demandas dos clientes e garantir a segurança e a confiança nos veículos. Além disso, um plano bem estruturado pode reduzir custos operacionais e aumentar lucros ao minimizar falhas e paradas não planejadas. A pesquisa incluirá uma análise das práticas de manutenção atuais na empresa, identificando áreas de melhoria e propondo um plano customizado. As seções principais abordarão uma revisão bibliográfica sobre manutenção automotiva em contextos empresariais, um estudo de caso da empresa, a aplicação do método FMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falha) na elaboração do plano.

Palavras-chave: *Manutenção, Plano de Manutenção, FMEA.*

IMPLEMENTATION OF A CUSTOMIZED MAINTENANCE PLAN FOR A VEHICLE RENTAL COMPANY

ABSTRACT

Automotive maintenance is essential to ensure the performance and safety of vehicles, encompassing periodic inspections and repairs. In a business context, especially for vehicle rental companies catering to rideshare drivers, creating a maintenance plan becomes crucial due to the intensive use and varied traffic conditions. The reliability of vehicles used in services like Uber and 99 is directly linked to the implementation of an effective maintenance plan, which impacts fleet availability and customer satisfaction. This paper advocates for the need for a specific maintenance plan for LocaBel Vehicle Rental and Services Ltd, aiming to meet customer demands and ensure safety and trust in the vehicles. Furthermore, a well-structured plan can reduce operational costs and increase profits by minimizing failures and unplanned downtime. The research will include an analysis of the current maintenance practices at the company, identifying areas for improvement and proposing a customized plan. The main sections will cover a literature review on automotive maintenance in business contexts, a case study of the company, and the application of the FMEA method (Failure Modes and Effects Analysis) in developing the plan

Keywords: *Maintenance, Maintenance Plan, FMEA.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Evolução da manutenção.....	19
Figura 2. Exemplo de plano de manutenção.....	23
Figura 3. Classificação de criticidade.....	25
Figura 4. Modelo de FMEA para Plano de Manutenção.....	26
Figura 5. Seção Avaliação de Risco.....	28
Figura 6. Ocorrência.....	28
Figura 7. Índice de Severidade.....	29
Figura 8. Índice de Detecção.....	30
Figura 9. Esquema de definição do tipo de manutenção.....	31
Figura 10. Ação Preventiva Recomendada.....	32
Figura 11. Motor Firefly 1.0.....	34
Figura 12. Sistema de freio automotivo.....	36
Figura 13. Sistema de transmissão automotivo.....	38
Figura 14. Sistema de suspensão automotivo.....	40
Figura 15. Sistema elétrico automotivo.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de veículos.....	46
Tabela 2. FMEA.....	51
Tabela 3. FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos (final).....	52
Tabela 4. Análise Comparativa de Severidade vs. Ocorrência.	55
Tabela 5. Plano de Manutenção da Frota da empresa.	57
Tabela 6. Plano de Manutenção da Frota da empresa (continuação).	58
Tabela 7. Plano de Manutenção da Frota da empresa(continuação).	59
Tabela 8. Plano de Manutenção da Frota da empresa (final).	60

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análise dos Modos e Efeitos de Falha)

km - Quilômetro

PF - Ponto Final (no critério de criticidade)

MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – Mean Time To Repair (Tempo Médio de Reparo)

NBR – Norma Brasileira Regulamentada

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

RCM – Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

RPN – Risk Priority Number (Número de Prioridade de Risco)

LISTA DE SÍMBOLOS

D – Detecção (na análise FMEA)

O – Ocorrência (na análise FMEA)

S – Severidade (na análise FMEA)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	<i>OBJETIVO GERAL.....</i>	<i>16</i>
1.1.1.1	Objetivos específicos	17
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	MANUTENÇÃO	18
2.1.1	<i>Histórico da manutenção.....</i>	<i>18</i>
2.1.2	<i>Importância da manutenção.....</i>	<i>19</i>
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO	20
2.2.1	<i>Manutenção corretiva.....</i>	<i>20</i>
2.2.1.1	Manutenção corretiva não planejada	20
2.2.1.2	Manutenção corretiva planejada	21
2.2.2	<i>Manutenção preventiva.....</i>	<i>21</i>
2.2.3	<i>Manutenção preditiva</i>	<i>21</i>
2.2.4	<i>Manutenção detectiva.....</i>	<i>22</i>
2.3	FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS PARA PLANOS DE MANUTENÇÃO	22
2.3.1	<i>Engenharia de manutenção</i>	<i>22</i>
2.3.2	<i>Gestão da manutenção</i>	<i>22</i>
2.3.3	<i>Plano de manutenção preventivo e preditivo.....</i>	<i>23</i>
2.3.4	<i>Criticidade dos ativos</i>	<i>24</i>
2.3.5	<i>FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).....</i>	<i>25</i>
2.3.5.1	Cabeçalho	26
2.3.5.2	Ponto da falha	27
2.3.5.3	Análise da falha	27
2.3.5.4	Avaliação de risco	27
2.3.5.5	Ação preventiva recomendada.....	31
3	IDENTIFICAÇÃO DE VEÍCULOS E COMPONENTES CRÍTICOS PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA	33
3.1	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE VEÍCULOS E COMPONENTES.....	33
3.1.1	<i>Definição de Criticidade de Ativos.....</i>	<i>33</i>
3.1.2	<i>Metodologia para Avaliação de Impacto.....</i>	<i>33</i>
3.2	COMPONENTES CRÍTICOS DA FROTA DA EMPRESA.....	34
3.2.1	<i>Motor</i>	<i>34</i>
3.2.1.1	Importância da Manutenção Preventiva do Motor	34
3.2.1.2	Troca de Óleo.....	35
3.2.1.3	Verificação de Correias	35
3.2.1.4	Inspeção do Sistema de Arrefecimento	35
3.2.1.5	Inspeção das velas de ignição	36
3.2.2	<i>Sistema de Freios</i>	<i>36</i>
3.2.2.1	Componentes do Sistema de Freios e a Importância da Manutenção	37
3.2.2.2	Verificação de Pastilhas de Freio	37
3.2.2.3	Inspeção de Discos de Freio	37
3.2.2.4	Monitoramento do Fluido de Freio	37
3.2.3	<i>Transmissão</i>	<i>38</i>
3.2.3.1	Funcionamento da Transmissão.....	38

3.2.3.2	Manutenção Preventiva da Transmissão	38
3.2.3.3	Impactos de Problemas na Transmissão	39
3.2.4	<i>Sistema de Suspensão</i>	40
3.2.4.1	Função do Sistema de Suspensão	40
3.2.4.2	Manutenção Preventiva da Suspensão	41
3.2.4.3	Impacto de Problemas na Suspensão	42
3.2.5	<i>Sistema Elétrico</i>	42
3.2.5.1	Componentes Principais do Sistema Elétrico	42
3.2.5.2	Manutenção Preventiva do Sistema Elétrico	43
3.2.6	<i>Justificativa para a Escolha de Veículos Específicos</i>	44
4	ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO.....	47
4.1	DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO.....	47
4.1.1	<i>Escolha do tipo de manutenção para cada veículo</i>	47
4.1.2	<i>Coleta de dados e especificações dos veículos</i>	47
4.1.2.1	Definição de Parâmetros de Coleta:	48
4.1.2.2	Implementação de Ferramentas de Registro:.....	48
4.1.2.3	Armazenamento de Dados Técnicos:	49
4.1.2.4	Monitoramento Contínuo e Revisão dos Dados:	49
4.2	ESTRUTURA DO PLANO DE MANUTENÇÃO	49
4.2.1	<i>Cronogramas de manutenção</i>	49
4.2.2	<i>Procedimentos específicos para cada tipo de manutenção</i>	50
4.2.2.1	Manutenção Preventiva:	50
4.2.2.2	Manutenção Corretiva:	50
4.2.2.3	Manutenção Preditiva:	50
4.3	EXEMPLO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA 10 VEÍCULOS	50
4.3.1	<i>FMEA</i>	50
4.3.1.1	Análise dos Resultados Obtidos na Tabela FMEA	53
4.3.2	<i>Plano de Manutenção proposto para a frota selecionada</i>	55
4.3.2.1	Implementação do Plano de Manutenção	61
4.3.2.2	Estruturação do Plano de Manutenção	61
4.3.2.3	Acompanhamento e Controle das Manutenções.....	62
4.3.2.4	Benefícios Esperados com a Implementação	63
4.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.....	63
5	CONCLUSÃO	65
5.1.1	<i>Recomendações para melhorias futuras</i>	65
	REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A manutenção automotiva é uma prática fundamental para garantir o desempenho e a segurança dos veículos, abrangendo desde inspeções periódicas até reparos e substituições de componentes. Em um contexto empresarial, como é o caso de uma empresa que aluga carros para motoristas de aplicativo, a elaboração de um plano de manutenção veicular torna-se ainda mais crucial. Isso se deve à natureza intensiva com que esses veículos são utilizados, submetidos a longas jornadas de trabalho e variadas condições de tráfego.

A confiabilidade do veículo durante a sua utilização em serviços de transporte por aplicativos, como Uber, 99 e InDrive, está diretamente ligada à implementação de um plano de manutenção eficaz. Além disso, a disponibilidade desses veículos na frota da empresa locadora também é impactada pela qualidade e periodicidade dos serviços de manutenção realizados.

Nesse contexto, o argumento central deste trabalho é a importância de elaborar um plano de manutenção veicular específico para os veículos da empresa LocaBel Locadora de Veículos e Serviços Ltda. Tal plano visa atender de forma eficiente as necessidades dos clientes, proporcionando disponibilidade, segurança e confiança nos veículos disponibilizados pela empresa. Ademais, a implementação de um plano de manutenção bem estruturado contribui significativamente para a redução dos custos operacionais e o aumento dos lucros, por meio da minimização de falhas e paradas não planejadas.

No escopo deste trabalho, será realizada uma análise detalhada das práticas de manutenção veicular existentes na empresa, identificando pontos de melhoria e propondo um plano de manutenção customizado. As principais seções do trabalho incluirão uma revisão bibliográfica sobre a importância da manutenção automotiva em contextos empresariais, um estudo de caso da empresa, a aplicação do método FMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falha) para auxiliar na elaboração do plano de manutenção, além de uma discussão sobre as possibilidades de implementação e os potenciais impactos na empresa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é propor um plano de manutenção veicular personalizado para uma empresa locadora de veículos, visando melhorar a disponibilidade, segurança e confiabilidade dos veículos, ao mesmo tempo em que se busca reduzir custos operacionais e

aumentar os lucros. A implementação deste plano poderá ser realizada através da integração de processos e tecnologias de monitoramento, permitindo uma gestão mais eficiente da frota de veículos da empresa.

1.1.1.1 Objetivos específicos

- Apresentar a definição de manutenção automotiva e os tipos de manutenção mais utilizados atualmente no setor de locação de veículos;
- Apresentar as principais ferramentas e tecnologias para a implementação do plano de manutenção veicular;
- Definir os veículos e componentes que necessitam da implementação dos planos preventivo e preditivo de manutenção;
- Elaborar um plano de manutenção, que inclua cronogramas, procedimentos específicos e critérios de avaliação para a manutenção de 10 veículos selecionados da frota da empresa parceira deste trabalho;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MANUTENÇÃO

O dicionário Aurélio (2009) define a manutenção como “as medidas necessárias para a conservação ou para o funcionamento de algo”. De acordo com Monchy (1987), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. Kardec & Nascif (2009) definem a manutenção industrial como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

2.1.1 Histórico da manutenção

Segundo Kardec e Nascif (2009), nos últimos 30 anos, a manutenção vem passando por significativas mudanças, ocasionadas pela diversidade dos itens a serem mantidos, complexidade dos projetos, necessidade de novas técnicas de manutenção, aumento da competitividade, o grau de importância da manutenção como função estratégica para melhoria dos processos. Afirmam ainda que a manutenção em sua história pode ser dividida em quatro gerações.

A primeira geração, segundo Kardec e Nascif (2009), engloba o período antes da Segunda Guerra Mundial, onde a indústria tinha carência de equipamentos mecanizados, sendo esses superdimensionados e rudimentares. A manutenção era essencialmente corretiva e não planejada.

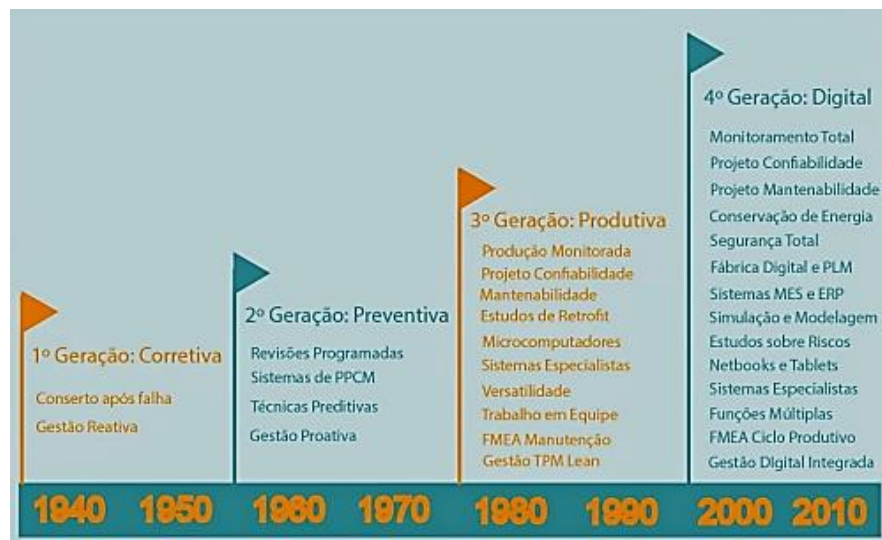
Na segunda geração, ainda de acordo com Kardec e Nascif (2009), que ocorreu entre os anos 1950 e 1970, houve avanço no que diz respeito ao aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais. Surge então o conceito de manutenção preventiva, que consistia em intervenções nos equipamentos executados em intervalos fixos. Os sistemas de planejamento e controle de manutenção começam a ser usados, com a finalidade de aumentar a vida útil dos itens.

A terceira geração para Kardec e Nascif (2009), teve seu início na década de 70, quando o processo de mudança nas indústrias acelerou de forma significativa. O conceito e utilização da manutenção preditiva e o avanço da informática permitiram melhor planejamento e o controle dos serviços de manutenção. Entra assim em evidência o conceito de confiabilidade.

Já na quarta geração, a afirmação de Kardec e Nascif (2009), é de que a manutenção passa a priorizar a minimização de falhas prematuras, através da solidificação das atividades de Engenharia da Manutenção, que tem na Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência. A manutenção preditiva passa a ser cada vez mais utilizada, indicando a tendência na redução do uso da manutenção preventiva, visto que ela demanda a parada dos equipamentos e sistemas. O mesmo ocorre com a manutenção corretiva não planejada, que se transfigura como um indicador ineficaz da manutenção.

Podemos observar na Figura 1 as evoluções das gerações da manutenção no decorrer do tempo.

Figura 1. Evolução da manutenção.



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

2.1.2 Importância da manutenção

As empresas buscam o lucro, focam na redução de custos e do aumento da produção, no entanto, essa busca pode desviar a empresa do verdadeiro caminho que garante a sua sobrevivência no mercado. Segundo Marcorin (2003), “O caminho para manter-se e ganhar novos mercados está na qualidade e na produtividade”. O papel da manutenção se mostra essencial na garantia tanto da qualidade quanto da produtividade empresarial.

Nesse cenário, a manutenção é de extrema importância para as empresas em geral, onde a sua prática deve ser constante para assegurar o funcionamento do equipamento, qualidade do serviço prestado, a minimização dos custos de reparação dos equipamentos e das

paradas não planejadas, a segurança dos funcionários e o cumprimento de leis e normas ambientais. Além disso, também contribui para ampliar a confiabilidade do cliente na empresa. A manutenção é uma atividade essencial para garantir a segurança e eficiência dos equipamentos industriais, além de contribuir para a redução de custos e do aumento da produtividade.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos ou estratégias de manutenção em geral são classificadas em 3 categorias: corretiva, preventiva, preditiva e/ou manutenção proativa ou produtiva que por vezes pode ser denominada detectiva.

2.2.1 Manutenção corretiva

De acordo com Slack (2002), “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”. A NBR 5462 explica que a manutenção corretiva ocorre no momento seguinte à identificação do problema no equipamento, tendo como objetivo devolver ao maquinário as condições para que possa voltar a executar a função requerida. Apesar de essa definição apontar para uma manutenção realizada ao acaso, essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não planejada.

2.2.1.1 *Manutenção corretiva não planejada*

A manutenção corretiva não planejada ocorre quando é necessária uma ação imediata, ou seja, quando o equipamento ou sistema apresenta falha, então é solicitada a manutenção. É uma manutenção que não foi prevista, gerando a necessidade de parar o equipamento e, conseqüentemente, a produção de forma brusca. Como é uma manutenção não planejada pela equipe, os custos são maiores, tendo em vista que as peças podem não estar disponíveis na empresa para a substituição, o que pode aumentar o tempo em que a produção fica parada. Para Kardec e Nascif (1999), “A principal característica desse tipo de manutenção é a necessidade de atuação em um fato já ocorrido, sem tempo hábil para uma organização do serviço”.

2.2.1.2 *Manutenção corretiva planejada*

A manutenção corretiva planejada, por sua vez, é caracterizada pelo fato de se fazer a manutenção de um equipamento que está com o rendimento abaixo do esperado, sua eficácia depende da qualidade de informação coletada sobre o equipamento, da percepção do mal funcionamento, e da decisão dos responsáveis por operar até a falha do equipamento. Em relação à manutenção corretiva não planejada, a planejada tem a vantagem de proporcionar um melhor controle dos serviços a serem executados na máquina e suas consequências para a produção. Segundo Kardec e Nascif (1999), “O serviço planejado é sempre mais rápido, com menor custo e mais seguro do que um não planejado, além de apresentar uma qualidade superior”.

2.2.2 **Manutenção preventiva**

Segundo Branco Filho (2008, p. 35), “todo trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, ainda que com algum defeito, deve ser considerado essencial para garantir o bom funcionamento do equipamento”. Além disso, a manutenção preventiva pode ser baseada na condição preventiva por estado, “manutenção em máquinas que estejam em condições operacionais, com a detecção de degradação com uso de parâmetros do equipamento”. Já para Slack (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados.”

2.2.3 **Manutenção preditiva**

Segundo Almeida (2019), trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção. Isso porque tal abordagem utiliza ferramentas mais efetivas para obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio até a falha. Portanto, todas as atividades de manutenção são programadas “conforme necessário”. O autor ainda destaca que a diferença mais substancial entre a manutenção corretiva e a preditiva está na capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é considerável e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais, durante períodos de produção de pico,

opera 24 horas por dia. Para Branco Filho (2008, p. 35), a manutenção preditiva é “todo o trabalho de acompanhamento e monitoração das condições da máquina, de seus parâmetros operacionais e sua degradação”.

2.2.4 Manutenção detectiva

Segundo Souza (2008), o termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e começou a ser utilizado a partir da década de 90. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista que é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação. Ferreira (2008, p. 23), cita um exemplo de aplicação da manutenção detectiva, de maneira a aumentar a confiabilidade do processo, como um circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito apresentar uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado de tempos em tempos para verificar sua funcionalidade.

2.3 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS PARA PLANOS DE MANUTENÇÃO

2.3.1 Engenharia de manutenção

Engenharia de manutenção é uma recente idealização da manutenção, onde o foco, diferente dos outros tipos de manutenção, não é o conserto do equipamento, mas a identificação das causas básicas das falhas e suas soluções para sanar o problema. Kardec e Nascif (1999), definem a engenharia de manutenção como um processo de transformação cultural, onde o foco da manutenção não é ficar consertando continuamente a máquina, mas alterar as situações que causam mau desempenho e seus padrões sistemáticos. A engenharia de manutenção é baseada em técnicas utilizadas por empresas de alto nível, com o objetivo de aumentar a competitividade dentro do mercado.

2.3.2 Gestão da manutenção

Para assegurar um custo mínimo de manutenção e maximizar a manutenibilidade, disponibilidade e confiabilidade, é fundamental que as empresas adotem uma gestão eficiente da manutenção. Isso permite alta disponibilidade das máquinas e evita paradas não planejadas. Dentro da gestão da manutenção, devem ser consideradas tanto a rotina quanto a

manutenção periódica programada.

A manutenção de rotina inclui serviços como a verificação das condições técnicas, identificação de pequenos defeitos, verificação dos sistemas de lubrificação e reparo dos defeitos identificados. Já a manutenção periódica requer a identificação das partes das máquinas sujeitas a maiores desgastes durante a operação. Isso é essencial para estabelecer a programação da manutenção preventiva, que deve especificar os serviços a serem realizados em cada parada, o tempo necessário para a execução e os custos associados.

Segundo Alves (2018) a gestão da manutenção é essencial para a competitividade das empresas, pois influencia diretamente a qualidade dos produtos, a produtividade e a satisfação dos clientes, no atual cenário econômico da concorrência global.

2.3.3 Plano de manutenção preventivo e preditivo

Para Viana (2002), o plano de manutenção preventivo é composto por uma série de ações realizadas periodicamente com o intuito de manter o equipamento funcionando com a máxima eficiência. Um exemplo pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Exemplo de plano de manutenção.



Fonte: ENGETELES, (2023).

Segundo Xenos (1998), as tarefas detalhadas sobre o que deve ser inspecionado ou trocado, de acordo com a frequência e de forma pontual, assim como suas respectivas

necessidades, devem ser especificadas no plano de manutenção. Quanto mais conhecimento acerca do equipamento, melhor será o conteúdo do plano.

O plano de manutenção inclui tarefas distribuídas ao longo de um período estabelecido, e deve ser revisado a cada ano.

Segundo Kardec e Nassif (2009), as três etapas de implementação de um plano de manutenção são:

- Escolha da estratégia: definir o tipo de manutenção para cada equipamento se preventiva ou corretiva;
- Plano de manutenção preventivo: nesta etapa, constrói-se a partir da coleta de dados das ordens de serviço existentes, especificações dos catálogos e manuais do fabricante, conhecimento técnico e gestão de recursos humanos e tecnológicos. O documento deve conter rotas de inspeção e plano de lubrificação do equipamento;
- Elaboração de ordens de serviço: gerar ordens de serviço com base na etapa anterior.

2.3.4 Criticidade dos ativos

Segundo Viana (2020), determinar a criticidade de ativos refere-se ao ato de avaliar o nível de impacto de determinado equipamento nos aspectos de produção, segurança de trabalho, meio ambiente, custos e qualidade do produto. Esse processo ajuda a definir as ações preventivas, as quais irão compor o plano de manutenção.

Viana (2020) afirma que os critérios usados para definir a criticidade de um ativo, varia de acordo com cada empresa, sendo os mais comuns: segurança de trabalho, meio ambiente, qualidade. Além destes, existem várias formas de determinar a criticidade de ativos, sendo um deles apresentado por Viana (2020), que foi usado para a elaboração do presente trabalho.

Nesse método os critérios usados são: segurança de trabalho e meio ambiente; qualidade do produto e operacionalidade. Para cada item, há três perguntas e são atribuídas notas, das quais é calculada a média aritmética (valor PF) – a sigla significa ‘Ponto Final’ – que determinará a classificação do ativo conforme mostrada na figura 3.

Figura 3. Classificação de criticidade.

Fonte: Manual de Gestão de Manute

tog: Equipamento:	Não	Parcial	Sim
SEGURANÇA NO TRABALHO E MEIO AMBIENTE			
A falha do equipamento afeta a integridade física do homem?	0	1	12
A falha do equipamento afeta o meio ambiente externo?	0	1	12
A falha do equipamento afeta o meio ambiente interno?	0	1	3
PONTUAÇÃO 1			
QUALIDADE			
A falha do equipamento afeta a imagem da empresa junto ao cliente?	0	1	12
A falha do equipamento afeta a qualidade do produto acabado?	0	1	12
A falha do equipamento afeta a qualidade do produto durante o processo?	0		3
PONTUAÇÃO 2			
OPERACIONALIDADE			
O equipamento é exigido 24 h por dia?	0	1	2
O equipamento possui standby-by?	0	1	2
A falha do equipamento provoca interrupção do processo produtivo?	0	1	12
PONTUAÇÃO 3			
CÁLCULO FINAL: $\text{PONTUAÇÃO FINAL} = (P1 + P2 + P3) / 3$ CRITICIDADE ALTA (A) se $PF > 4,0$ CRITICIDADE MÉDIA (B) se $2,0 \leq PF \leq 4,0$ CRITICIDADE BAIXA (C) se $0 \leq PF \leq 2,0$			

2.3.5 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)



Segundo Viana (2020), a Análise dos Modos e Efeitos de Falha, traduzido do inglês, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), é uma metodologia de análise de falhas que permite prever efeitos indesejados e determinar ações de prevenção antes que ocorram.

De acordo com Dutra (2019), o FMEA foi desenvolvido por engenheiros de confiabilidade no final da década de 1950 em estudos de falhas nos sistemas militares. É uma ferramenta bastante útil na análise de confiabilidade de produtos e processos, sendo usada no processo produtivo, especialmente na manutenção, onde obtemos dados quantitativos importantes para a construção do plano de manutenção. Através do FMEA podemos reduzir

custos de manutenção, aumentar a segurança dos equipamentos e do meio ambiente, gerando maior qualidade do produto.

Para Teles (2023), o FMEA é formado basicamente por 5 partes, sendo elas: cabeçalho, ponto de falha, análise da falha, avaliação de risco e ação preventiva recomendada. Como pode ser observado na figura 4.

Figura 4. Modelo de FMEA para Plano de Manutenção.

 FMEA para Plano de Manutenção 											
Nº FMEA: _____		Revisão Nº: _____		Data de Início: _____		Responsável: _____					
Processo: _____		Área: _____		Sistema: _____							
Equipe: _____						Revisado Por: _____					
Ponto da Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada	
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN		
Redutor de Velocidade Flender. TAG: REDU-63021	Reduz a velocidade do acionamento do Elevador de Canecas - TAG ELEV-62145	Engrenamento	choque de flancos (vibração excessiva)	desarme do motor elétrico (para o processo)	falta de ajuste de backlash	8	9	3	216	inspencionar folga das engrenagens a cada 6 meses	
			elevação nos níveis de bronze no lado de análise de	danificará os rolamentos e demais componentes para o processo	desalinhamento do eixo principal	7	5	8	280	fazer análise de óleo a cada 3 meses.	
		Rolamentos	análise de vibração/temperatura excessiva	desarme do motor elétrico para o processo	desalinhamento do conjunto motor/redutor	falta de lubrificação nos rolamentos	9	8	4	288	fazer análise de vibração mensalmente.
			vazamento	desarme do motor elétrico para o processo	contaminação	falta de lubrificação nos rolamentos	8	8	5	320	lubrificar rolamentos a cada 320h. fazer análise de vibração mensalmente.
		Retentor de entrada	vazamento	desarme do motor elétrico para o processo	contaminação	falta de lubrificação nos rolamentos	9	6	5	270	treinamento técnico sobre montagem e manutenção de redutores flender
			perda de lubrificação		falta na montagem	9	5	4	180	treinamento técnico sobre análise de elementos rotativos	

Fonte: ENGETELES, (2023).

2.3.5.1 Cabeçalho

Como podemos observar na figura 4, o cabeçalho deve conter informações como:

- Número do FMEA;
- Revisão (sempre que houver alterações no processo, deve haver a revisão e atualização do FMEA);
- Processo que está sendo analisado;
- Sistema que está sendo analisado;

- Equipe que está contribuindo para elaboração do FMEA;
- Data de início do FMEA;
- Responsável pela atividade de elaboração;
- Responsável pela revisão, avaliação de risco e ação preventiva recomendada

2.3.5.2 Ponto da falha

No ponto de falha aponta-se qual equipamento, sua função e quais componentes devem ser analisados (ver figura 4).

2.3.5.3 Análise da falha

No processo de análise da falha as informações devem ser preenchidas com o maior nível de cautela possível, até chegar a uma análise da falha integral. Esse processo é dividido em três pontos:

- Modos de falha: como a falha se apresenta. Como ela é encontrada de forma sensitiva (visual, auditiva, olfativa ou pelo tato).
- Efeitos da falha: qual a consequência dessa falha no processo?
- Causa da falha: o que levou a falha daquele componente?

2.3.5.4 Avaliação de risco

Nessa etapa, quantifica-se o risco de cada modo de falha no processo. Sendo que há três fatores para quantificar esse risco, sendo eles a ocorrência da falha, severidade da falha e probabilidade de detecção. Desse modo, avaliando e atribuindo nota, através de uma tabela, para cada um desses fatores e realizando a multiplicação entre eles, pode-se observar um produto que denominaremos de RPN, que, por sua vez, é a sigla para *Risk Priority Number* (Número de Prioridade de Risco). O RPN é o indicador de prioridade, pois quanto maior for o RPN, mais atenção e prioridade devemos dar para aquele determinado ponto do processo. Na figura 5, podemos observar a seção correspondente retirada da figura 4.

Figura 5. Seção Avaliação de Risco.


Avaliação de Risco			
Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN
8	9	3	216
7	5	8	280
9	8	4	288
8	8	5	320
9	6	5	270
9	5	4	180

Fonte: ENGETELES (2023).

2.3.5.4.1 Ocorrência

Como é provável que esse modo de falha ocorra? Deve ser atribuída uma pontuação entre 1 e 10, onde 1 significa “muito improvável que ocorram” e 10 significa “muito provável que ocorram”. Como mostrado na figura 6.

Figura 6. Ocorrência.


 OCORRÊNCIA		
Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência
Remota: Falha é improvável	Chance Remota de Falha	1
Baixa: Relativamente poucas falhas	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos	2
	Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos	3
Moderada: Falhas ocasionais	Frequência baixa: 1 vez por ano	4
	Frequência ocasional: 1 vez por semestre	5
	Frequência moderada: 1 vez por mês	6
Alta: Falhas freqüentes	Frequente: 1 vez por semana	7
	Frequência elevada: algumas vezes por semana	8
Muito Alta: Falhas Persistentes	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia	9
	Frequência máxima: várias vezes ao dia	10

Fonte: ENGETELES (2023).

2.3.5.4.2 Severidade

Se esta falha ocorrer, qual o impacto da falha na segurança, produção ou custo? Atribua uma nota entre 1 e 10, onde 1 significa “sem impacto” e 10 significa “impacto extremo”. Como mostrado na figura 7.

Figura 7. Índice de Severidade.

 SEVERIDADE		
Severidade	Efeito da Severidade	Índice de Severidade
Nenhum	Sem efeito identificado.	1
Muito menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por clientes acurados (menos que 25%).	2
Menor	Itens de ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por 50% dos clientes.	3
Muito baixo	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%).	4
Baixo	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com níveis de desempenho reduzidos.	5
Moderado	Equipamento operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente insatisfeito.	6
Alto	Equipamento inoperável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente muito insatisfeito.	7
Muito alto	Equipamento inoperável (perda das funções primárias).	8
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento com aviso prévio.	9
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do equipamento sem aviso prévio.	10

Fonte: ENGETELES, Planejamento e Controle de Manutenção descomplicado (2017).

2.3.5.4.3 Detecção

Se esse modo de falha ocorrer, qual a probabilidade de a falha se detectada? Atribua uma pontuação entre 1 e 10, onde 1 significa “muito provável de ser detectada” e 10 significa “muito pouco provável de ser detectada”. Como mostrado na figura 8, onde os tipos de inspeção são:

- A - Prova de erro;
- B – Medição;
- C – Inspeção manual/visual.

Figura 8. Índice de Detecção.

 DETECÇÃO						
Detecção	Critério	Tipos de Inspeção			Faixas Sugeridas dos Métodos de Detecção	Índice de Detecção
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção.			x	Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar.			x	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.	9
Remota	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com inspeção visual.	8
Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção.			x	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
Baixa	Controles podem detectar.		x	x	Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo).	6
Moderada	Controles podem detectar.		x		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não-passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente alta	Controles têm boas chances para detectar.	x	x		Detecção de erros em operações subseqüentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina).	4
Alta	Controles têm boas chances para detectar.	x	x		Detecção de erros na estação, ou em operações subseqüentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito alta	Controles quase certamente detectarão.	x	x		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Quase certamente	Controles certamente detectarão.	x			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: ENGETELES (2023).

Com isso, é possível identificar o RPN. Este, por sua vez, informa o tipo de manutenção recomendada para evitar as falhas conforme o esquema representado pela figura 9. Segundo Teles (2023), O valor do RPN indica o nível de prioridade do modo de falha no plano de manutenção preventivo.

Figura 9. Esquema de definição do tipo de manutenção

Criticidade do ativo	RPN > 650	301 < RPN < 649	150 < RPN < 300	RPN < 150
A	Monitoramento online + preditiva sofisticada (se possível) + Instrumentos detectivos	Preditiva	Preventiva	Corretiva
B	Preditiva sofisticada (se possível) + Instrumentos detectivos	Preditiva	Preventiva	Corretiva
C	Preventiva	Corretiva	Corretiva	Corretiva

Fonte: Planejamento e Controle de Manutenção descomplicado.

2.3.5.5 Ação preventiva recomendada

Segundo Teles (2023), a ação preventiva recomendada é a parte onde deve-se listar todas as atividades de caráter preventivo e preditivo que possam prevenir ou identificar as falhas ainda em estágio inicial. Essas ações têm como objetivo principal mitigar o risco e impedir que o processo de produção venha a parar por conta de qualquer falha já estabelecida. Como pode ser observado na figura 10.

Figura 10. Ação Preventiva Recomendada.

AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Inspeccionar folga das engrenagens a cada 6 meses.
Fazer análise de óleo a cada 3 meses.
Fazer análise de vibração mensalmente.
Lubrificar rolamentos a cada 320 horas. Fazer análise de vibração mensalmente.
Treinamento técnico sobre montagem e manutenção de redutores Flender. Análise de vibração mensalmente.
Treinamento técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos. Análise de vibração mensalmente.
Treinamento técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos. Análise de vibração mensalmente.
Substituir filtro a cada 320 horas de funcionamento.

Fonte: ENGETELES (2023).

3 IDENTIFICAÇÃO DE VEÍCULOS E COMPONENTES CRÍTICOS PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA

3.1 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE VEÍCULOS E COMPONENTES

A seleção de veículos e componentes críticos para a manutenção preventiva e preditiva é essencial para garantir a eficiência e a segurança da frota da empresa. A definição de criticidade de ativos é um passo fundamental neste processo e envolve uma análise detalhada dos impactos potenciais que cada veículo e componente pode causar à operação da frota. Segundo Viana (2020), a criticidade dos ativos é determinada com base em vários critérios, que incluem segurança, meio ambiente, qualidade e operacionalidade.

3.1.1 Definição de Criticidade de Ativos

De acordo com Viana (2020), a criticidade de um ativo é avaliada pelo seu nível de impacto em diversos aspectos operacionais e de segurança. Este processo envolve:

- Segurança de Trabalho: Avaliação do risco que um ativo pode representar para os operadores e demais envolvidos.
- Meio Ambiente: Impacto ambiental que a falha de um componente pode causar.
- Operacionalidade: Importância do ativo para a continuidade das operações e sua contribuição para a eficiência da frota.

3.1.2 Metodologia para Avaliação de Impacto

A metodologia para avaliação de impacto dos veículos e componentes na operação da frota envolve a análise de dados históricos de falhas, condições de operação, e a aplicação de técnicas como FMEA. Os passos principais incluem:

- Coleta de Dados: Reunir informações sobre o histórico de manutenção, falhas recorrentes e condições de operação dos veículos..
- Análise de Falhas: Utilizar a FMEA para identificar os modos de falha, suas causas e suas consequências.
- Classificação de Criticidade: Atribuir uma pontuação de criticidade com base na severidade, ocorrência e detectabilidade das falhas, calculando o RPN (*Risk Priority Number*, ou Número de Prioridade de Risco).

- **Priorização:** Identificar os veículos e componentes que requerem atenção imediata e planejar ações preventivas e preditivas.

3.2 COMPONENTES CRÍTICOS DA FROTA DA EMPRESA

A identificação dos componentes críticos da frota é baseada na análise de suas funções e na frequência das falhas. Os componentes críticos incluem aqueles que têm um impacto significativo na segurança e na operação do veículo. Alguns dos principais componentes críticos identificados na frota da empresa são mencionados a seguir.

3.2.1 Motor

O motor é frequentemente descrito como o coração do veículo devido à sua função vital em proporcionar a energia necessária para o funcionamento e movimentação do automóvel. Qualquer falha no motor pode resultar na paralisação completa do veículo, o que destaca a importância crítica de sua manutenção. Para garantir que o motor opere de forma eficiente e confiável, é fundamental seguir práticas rigorosas de manutenção preventiva. Na Figura 11, está ilustrado um motor Firefly 1.0, que exemplifica um motor moderno que requer essas práticas de manutenção preventiva para garantir seu desempenho ideal.

Figura 11. Motor Firefly 1.0



Fonte: autoria própria.

3.2.1.1 Importância da Manutenção Preventiva do Motor

Manutenções preventivas são essenciais para prolongar a vida útil do motor e evitar falhas catastróficas. De acordo com Santos (2018), a manutenção preventiva do motor envolve várias atividades essenciais, como a troca de óleo, verificação de correias e inspeção do sistema de arrefecimento. Essas atividades ajudam a identificar e corrigir problemas potenciais antes que causem danos significativos.

3.2.1.2 Troca de Óleo

A troca de óleo é uma das tarefas mais importantes na manutenção do motor. O óleo lubrifica as partes móveis do motor, reduzindo o atrito e evitando o desgaste. Segundo Silva e Almeida (2019), o óleo também ajuda a dissipar o calor gerado pela combustão e a remover partículas de sujeira e detritos que podem causar danos internos ao motor. Trocar o óleo em intervalos regulares, conforme recomendado pelo fabricante do veículo, é crucial para manter o motor funcionando de maneira eficiente.

3.2.1.3 Verificação de Correias

As correias do motor, incluindo a correia dentada e a do alternador, desempenham papéis críticos no seu funcionamento. A correia dentada sincroniza o movimento do virabrequim e do eixo de comando de válvulas, enquanto a correia do alternador é responsável por acionar acessórios como o alternador, a bomba d'água e o compressor de ar-condicionado. A falha de qualquer uma dessas correias pode causar sérios danos ao motor. Portanto, a verificação regular e a substituição das correias, quando necessário, são práticas essenciais de manutenção (Santos, 2018).

3.2.1.4 Inspeção do Sistema de Arrefecimento

O sistema de arrefecimento é responsável por manter a temperatura do motor dentro de uma faixa segura de operação. Componentes essenciais do sistema de arrefecimento incluem o radiador, a bomba d'água, o termostato e o líquido de arrefecimento. Silva e Almeida (2019) destacam que a inspeção regular desses componentes é crucial para evitar o superaquecimento do motor, que pode levar a danos graves e irreparáveis. Verificar o nível e a qualidade do líquido de arrefecimento, inspecionar mangueiras e conexões para detectar vazamentos e testar a operação do termostato são passos cruciais para garantir o funcionamento adequado do sistema de arrefecimento.

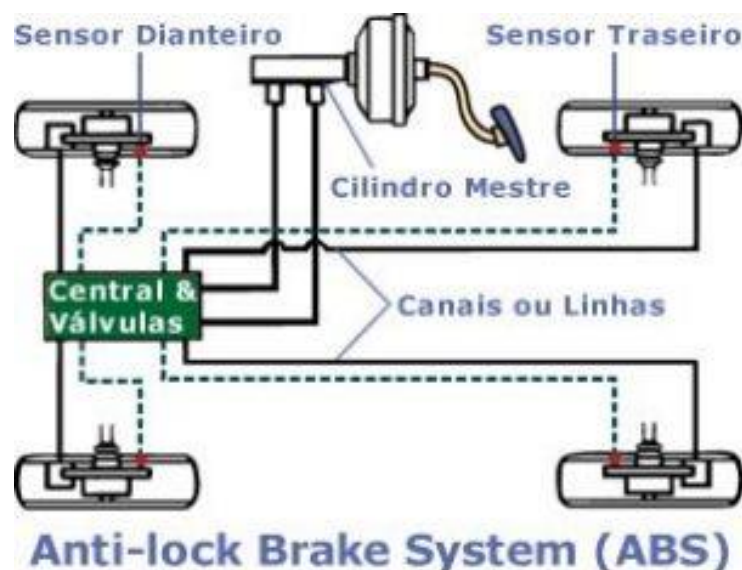
3.2.1.5 Inspeção das velas de ignição

As velas de ignição são componentes essenciais do sistema de combustão do motor, responsáveis por gerar a centelha que inflama a mistura de ar e combustível nas câmaras de combustão. A manutenção adequada das velas de ignição é vital para garantir a eficiência do motor. Segundo Pereira e Oliveira (2020), velas de ignição em bom estado contribuem para uma combustão completa, o que melhora o desempenho do motor e reduz as emissões de poluentes. Substituir as velas de ignição no intervalo de tempo recomendado pelo fabricante é uma prática preventiva essencial.

3.2.2 Sistema de Freios

O sistema de freios é um dos componentes mais essenciais para a segurança de qualquer veículo, sendo responsável por garantir que o motorista possa reduzir a velocidade ou parar completamente o automóvel de maneira segura e controlada. A eficácia do sistema de freios é fundamental para evitar acidentes e proteger tanto os ocupantes do veículo quanto os outros usuários da via. Devido à sua importância vital, a manutenção preventiva do sistema de freios deve ser tratada como uma prioridade máxima. A Figura 12 ilustra um sistema de freios moderno, destacando os principais componentes que devem ser regularmente inspecionados e mantidos.

Figura 12. Sistema de freio automotivo.



3.2.2.1 *Componentes do Sistema de Freios e a Importância da Manutenção*

O sistema de freios é composto por diversos componentes, incluindo pastilhas, discos, fluido de freio, pinças, tambores de freio e cilindro mestre. Cada um desses componentes desempenha um papel específico e essencial no processo de frenagem do veículo. A manutenção preventiva envolve a inspeção e a substituição regular dessas partes para garantir que o sistema funcione de maneira eficaz e segura.

3.2.2.2 *Verificação de Pastilhas de Freio*

As pastilhas de freio são um dos componentes mais sujeitos ao desgaste devido ao atrito constante com os discos de freio. Pastilhas desgastadas podem comprometer a eficiência de frenagem e danificar os discos. Portanto, a verificação regular do estado das pastilhas e sua substituição quando necessário é crucial. Pastilhas em boas condições garantem uma resposta rápida e eficaz, essencial para a segurança do veículo.

3.2.2.3 *Inspeção de Discos de Freio*

Os discos de freio funcionam em conjunto com as pastilhas para gerar a força de frenagem. Discos desgastados ou danificados podem comprometer significativamente a capacidade de frenagem do veículo. Inspeções regulares para detectar sinais de desgaste, como sulcos profundos ou deformações, são importantes para manter a integridade do sistema. Em casos de desgaste significativo, os discos devem ser retificados ou, se necessário, substituídos.

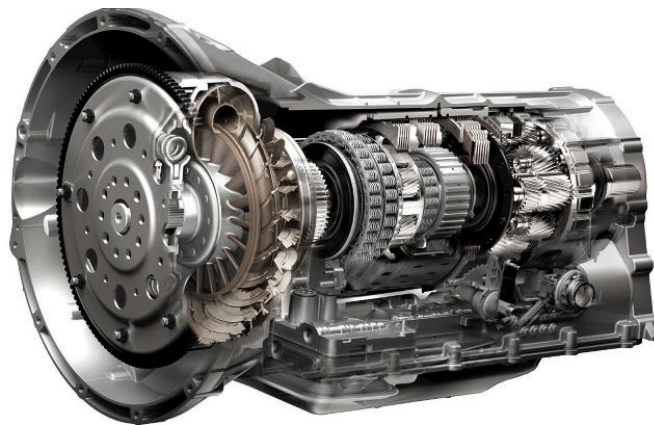
3.2.2.4 *Monitoramento do Fluido de Freio*

O fluido de freio é fundamental para a transmissão da força do pedal de freio para as pinças e tambores de freio. Com o tempo, o fluido pode absorver umidade, o que compromete sua eficácia e pode levar à falha dos freios. A verificação regular do nível e da qualidade do fluido de freio, bem como a substituição periódica de acordo com as recomendações do fabricante, são medidas essenciais para garantir um desempenho confiável do sistema de freio.

3.2.3 Transmissão

A transmissão é um componente fundamental no sistema de propulsão de um veículo, responsável por transferir a potência gerada pelo motor para as rodas, permitindo o movimento do automóvel. Este processo de transferência de energia é vital para a operação eficiente e eficaz do veículo, influenciando diretamente o desempenho, a eficiência de combustível e a capacidade de resposta do automóvel. Devido à sua importância, a manutenção preventiva da transmissão é essencial para garantir a longevidade e a confiabilidade do veículo. A Figura 13 ilustra um esquema de uma transmissão automática moderna, destacando os componentes críticos que requerem atenção regular durante a manutenção preventiva

Figura 13. Sistema de transmissão automotivo.



Fonte: mecanicaindustrial.com.br

3.2.3.1 Funcionamento da Transmissão

A transmissão funciona ajustando a relação entre a rotação do motor e a velocidade das rodas, permitindo que o veículo opere de maneira eficiente em diferentes condições de condução. Existem dois tipos principais de transmissão: manual e automática. Em uma transmissão manual, o motorista seleciona a marcha apropriada conforme a velocidade e as condições de condução. Em uma transmissão automática, o sistema ajusta as marchas com base na velocidade do veículo e na carga do motor.

3.2.3.2 Manutenção Preventiva da Transmissão

A manutenção preventiva da transmissão é crucial para evitar problemas que resultam

em falhas operacionais significativas. De acordo com Silva (2019), a manutenção regular da transmissão inclui várias práticas essenciais:

3.2.3.2.1 Verificação e Substituição do Fluido de Transmissão

O fluido de transmissão desempenha um papel vital na lubrificação e na dissipação do calor gerado pelos componentes internos da transmissão. Com o tempo, o fluido pode deteriorar-se, perdendo suas propriedades lubrificantes e de refrigeração. A verificação regular do nível e da qualidade do fluido de transmissão é essencial e a substituição periódica, conforme a recomendação do fabricante, pode prevenir o desgaste prematuro dos componentes internos e falhas catastróficas.

3.2.3.2.2 Inspeção de Componentes

A inspeção visual e funcional dos componentes da transmissão é parte fundamental da manutenção preventiva. Componentes como as engrenagens, os sincronizadores e os selos devem ser inspecionados regularmente para detectar sinais de desgaste ou danos. A identificação precoce de problemas pode permitir a substituição ou reparação antes que ocorram falhas mais graves.

3.2.3.2.3 Ajustes Necessários

Além da verificação e da inspeção, a realização de ajustes precisos é essencial para otimizar o funcionamento da transmissão. Segundo Oliveira e Pereira (2020), ajustes como a regulagem dos cabos de seleção de marchas e a correção de folgas nos componentes podem melhorar a resposta da transmissão e prolongar sua vida útil. A manutenção preventiva também pode incluir a reprogramação de transmissões automáticas para garantir que o sistema opere de acordo com as especificações do fabricante.

3.2.3.3 *Impactos de Problemas na Transmissão*

Problemas na transmissão podem resultar em uma variedade de falhas operacionais, desde dificuldades na mudança de marchas até a perda completa de tração. Tais problemas não só comprometem a segurança do veículo, mas também podem levar a reparos custosos. A prevenção de falhas na transmissão por meio de uma manutenção regular pode evitar

interrupções no uso do veículo e custos elevados de reparação.

3.2.4 Sistema de Suspensão

O sistema de suspensão de um veículo desempenha um papel crucial na garantia de conforto e estabilidade durante a condução. Ele é responsável por absorver os impactos e vibrações causados pelas irregularidades da estrada, proporcionando uma experiência de condução suave e estável. Além disso, o sistema de suspensão contribui para a manutenção do contato constante entre os pneus e a superfície da estrada, o que é essencial para a segurança e o desempenho do veículo. A figura 14, abaixo, ilustra um esquema de um sistema de suspensão típico, destacando os componentes que requerem atenção regular durante a manutenção.

Figura 14. Sistema de suspensão automotivo.



Fonte: abcpneus.net.

3.2.4.1 Função do Sistema de Suspensão

O sistema de suspensão de um veículo é composto por diversos componentes, incluindo amortecedores, molas, barras estabilizadoras e braços de controle, que trabalham em conjunto para garantir a estabilidade e o conforto. De acordo com Silva (2019), a função principal da suspensão é absorver as irregularidades do terreno, mantendo as rodas em contato permanente com a superfície da estrada, o que melhora a tração e a capacidade de frenagem.

3.2.4.2 *Manutenção Preventiva da Suspensão*

A manutenção preventiva do sistema de suspensão é fundamental para assegurar que o veículo opere de maneira segura e confortável. Esta manutenção inclui inspeções regulares e a substituição de componentes desgastados ou danificados. Segundo Oliveira (2020), as práticas de manutenção preventiva devem incluir:

3.2.4.2.1 Inspeção de Amortecedores

Os amortecedores são componentes críticos da suspensão, responsáveis por controlar o movimento das molas e evitar oscilações excessivas do veículo. A inspeção regular dos amortecedores pode identificar vazamentos de fluido, danos ou desgaste excessivo. A substituição dos amortecedores desgastados é essencial para manter o controle do veículo e o conforto de condução.

3.2.4.2.2 Verificação das Molas

As molas suportam o peso do veículo e absorvem os impactos das irregularidades da estrada. Verificar a condição das molas é crucial, pois molas danificadas ou enfraquecidas podem comprometer a estabilidade e o conforto. A substituição das molas danificadas deve ser realizada para garantir que o sistema de suspensão funcione corretamente.

3.2.4.2.3 Inspeção de Outros Componentes

Além dos amortecedores e das molas, outros componentes da suspensão, como barras estabilizadoras, buchas e braços de controle, devem ser inspecionados regularmente. Qualquer desgaste ou dano nesses componentes pode afetar a estabilidade do veículo e deve ser corrigido imediatamente.

3.2.4.2.4 Alinhamento e Balanceamento

O alinhamento das rodas e o balanceamento dos pneus são práticas essenciais para a manutenção preventiva da suspensão. Um alinhamento incorreto pode causar desgaste irregular dos pneus e problemas de direção, enquanto o balanceamento inadequado pode resultar em vibrações e desgaste prematuro dos componentes da suspensão.

3.2.4.3 Impacto de Problemas na Suspensão

Problemas no sistema de suspensão podem resultar em uma série de falhas que afetam o desempenho e a segurança do veículo. Um sistema de suspensão desgastado ou danificado pode causar instabilidade, perda de controle e aumentar a distância de frenagem. A manutenção preventiva é vital para prevenir esses problemas, garantindo que o veículo opere de maneira segura e eficiente.

3.2.5 Sistema Elétrico

O sistema elétrico de um veículo é fundamental para o funcionamento adequado de diversos sistemas e componentes essenciais para a operação e segurança do automóvel. Esse sistema inclui a bateria, o alternador, os cabos e as conexões, que, juntos, asseguram o fornecimento contínuo de energia elétrica necessária para iniciar o motor, manter o funcionamento dos dispositivos eletrônicos e garantir a iluminação do veículo. A figura 15 apresenta simbolicamente as diversas funções que fazem parte do sistema elétrico do veículo, destacando os componentes que requerem atenção durante a manutenção.

Figura 15. Sistema elétrico automotivo.



Fonte: SIMPLUS. Noções básicas de elétrica automotiva.

3.2.5.1 Componentes Principais do Sistema Elétrico

O sistema elétrico de um veículo é composto por vários componentes críticos, cada um desempenhando um papel vital:

3.2.5.1.1 Bateria

A bateria é o componente central do sistema elétrico, fornecendo a energia necessária para dar partida ao motor e alimentar os sistemas elétricos quando o motor está desligado. A manutenção preventiva da bateria envolve testes regulares de carga e inspeção para detectar corrosão nos terminais. Segundo Silva (2019), a vida útil da bateria pode ser significativamente prolongada com verificações regulares e manutenção adequada.

3.2.5.1.2 Alternador

O alternador é responsável por recarregar a bateria e fornecer energia elétrica ao veículo quando o motor está em funcionamento. Ele converte a energia mecânica do motor em energia elétrica, mantendo a bateria carregada e alimentando os sistemas elétricos do veículo. Problemas no alternador podem levar a falhas na recarga da bateria e no funcionamento dos sistemas elétricos. De acordo com Oliveira (2020), a inspeção periódica do alternador é essencial para garantir seu desempenho eficiente.

3.2.5.1.3 Cabos e Conexões

Os cabos e as conexões do sistema elétrico garantem o fluxo de eletricidade entre a bateria, o alternador e os vários componentes elétricos do veículo. A inspeção regular desses cabos é crucial para identificar sinais de desgaste, corrosão ou danos que possam interromper o fornecimento de energia. A manutenção preventiva inclui a verificação de conexões soltas e a substituição de cabos danificados para evitar falhas elétricas inesperadas.

3.2.5.2 *Manutenção Preventiva do Sistema Elétrico*

A manutenção preventiva do sistema elétrico é vital para evitar falhas inesperadas e garantir o funcionamento contínuo dos sistemas eletrônicos do veículo. Esta manutenção inclui:

3.2.5.2.1 Testes de Carga da Bateria

Testar regularmente a carga da bateria permite identificar quando ela está perdendo capacidade e precisa ser substituída. Testes de carga ajudam a garantir que a bateria tenha energia suficiente para dar partida ao motor e alimentar os sistemas elétricos quando

necessário. Silva (2019) enfatiza que a realização de testes de carga periódicos pode prevenir falhas inesperadas e prolongar a vida útil da bateria.

3.2.5.2.2 Inspeção de Cabos e Conexões

Os cabos e as conexões devem ser inspecionados regularmente para detectar sinais de desgaste, corrosão ou danos. A manutenção preventiva inclui a limpeza dos terminais da bateria para remover a corrosão e a verificação de conexões soltas que possam causar falhas elétricas. Oliveira (2020) recomenda a inspeção regular dos cabos para garantir a integridade do sistema elétrico e prevenir interrupções no fornecimento de energia.

3.2.5.2.3 Verificação do Alternador

O alternador deve ser verificado regularmente para garantir que ele esteja funcionando corretamente e recarregando a bateria de maneira eficiente. Testes de desempenho do alternador ajudam a identificar problemas antes que eles resultem em falhas elétricas. A substituição do alternador, quando necessário, é crucial para manter a eficiência do sistema elétrico do veículo.

3.2.6 Justificativa para a Escolha de Veículos Específicos

A seleção dos veículos específicos para a implementação dos planos de manutenção preventiva e preditiva é um processo meticuloso que envolve a análise detalhada da criticidade dos componentes e a frequência de uso dos veículos. Este procedimento é fundamentado em critérios técnicos e operacionais que asseguram a eficácia do plano de manutenção. Veículos com alta taxa de utilização, como aqueles designados para motoristas de aplicativo, são priorizados devido ao desgaste acelerado a que estão sujeitos e à necessidade constante de estarem disponíveis para operação. Este enfoque é corroborado por estudos que demonstram a correlação entre a frequência de uso e a probabilidade de falhas.

Para efetuar uma seleção precisa, a análise incorpora o histórico de manutenção e falhas dos veículos. Esta prática permite identificar padrões recorrentes de problemas e prever quais veículos têm maior probabilidade de apresentar falhas críticas. A utilização de ferramentas como FMEA e a manutenção centrada na confiabilidade (RCM) proporcionam uma base científica para a tomada de decisões. Segundo Silva (2019), a FMEA auxilia na identificação de modos de falha potenciais e na priorização das ações de manutenção com

base na severidade, ocorrência e detectabilidade das falhas. Já Martins (2020) destaca que a RCM é fundamental para desenvolver estratégias de manutenção que visem aumentar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos.

Além disso, a escolha dos veículos é influenciada pela necessidade de minimizar os custos operacionais e maximizar a eficiência da frota. Veículos que possuem um histórico de manutenção mais oneroso ou que apresentam falhas com maior frequência são colocados em foco para intervenções mais rigorosas e frequentes. Esse enfoque não só garante a segurança e a continuidade das operações, mas também contribui para a otimização dos recursos financeiros e operacionais da frota (Silva, 2019; Martins, 2020).

Dessa forma, a seleção dos veículos específicos para os planos de manutenção preventiva e preditiva na empresa é um processo rigoroso e bem fundamentado. Ele envolve a análise da criticidade dos componentes, a frequência de uso dos veículos e os históricos de manutenção e falhas, garantindo uma abordagem eficiente e baseada em evidências para manter a frota operacional e segura.

A tabela 1 a seguir apresenta os dados referentes aos 10 veículos selecionados para o plano de manutenção da frota da empresa. Ela inclui informações essenciais para o monitoramento e gestão da frota, como a placa, o modelo, o ano de fabricação, a cor, a quilometragem de rodagem (km) e a situação atual de cada veículo, indicando se o veículo está parado, rodando ou se encontra na oficina para manutenção. Essas informações são fundamentais para a implementação de uma estratégia eficaz de manutenção, permitindo a priorização dos veículos de acordo com sua condição e uso, além de facilitar o acompanhamento da disponibilidade da frota e a definição de intervalos adequados para os serviços preventivos e corretivos.

Tabela 1. Lista de veículos.

	PLACA	MODELO	ANO	KM	COR	SITUAÇÃO
1	QVS5G79	MOBI LIKE	20/21	106219	PRETO	PARADO
2	QVT4A10	MOBI LIKE	20/21	133807	VERMELHO	RODANDO
3	QVV8A89	MOBI LIKE	20/21	109855	BRANCO	RODANDO
4	QVS8B36	MOBI LIKE	21/21	108234	BRANCO	RODANDO
5	QVR1J44	MOBI LIKE	21/21	112997	BRANCO	PARADO
6	QVS8F24	MOBI LIKE	21/21	130991	BRANCO	RODANDO
7	QVR1J34	MOBI LIKE	21/21	119444	BRANCO	RODANDO
8	QVS8G04	MOBI LIKE	21/21	91459	BRANCO	RODANDO
9	QVS8F14	MOBI LIKE	21/21	96969	BRANCO	RODANDO
10	QVR1J04	MOBI LIKE	21/21	102720	PRETO	OFICINA

Fonte: autoria própria.

4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

4.1 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

Com base na identificação e análise dos componentes críticos, o plano de manutenção preventiva e preditiva para a frota da empresa é desenvolvido, incluindo cronogramas de inspeções regulares, procedimentos detalhados para cada tipo de manutenção e a aplicação de tecnologias de monitoramento para prever falhas antes que elas ocorram. Este plano visa não apenas garantir a segurança e a disponibilidade dos veículos, mas também reduzir os custos operacionais em longo prazo, garantindo um serviço de alta qualidade para os clientes.

4.1.1 Escolha do tipo de manutenção para cada veículo

A escolha entre a manutenção preventiva e a corretiva deve ser fundamentada em uma análise detalhada da criticidade do veículo dentro da frota, do impacto da falha na operação e da previsibilidade do desgaste. Para a frota da empresa, a manutenção preventiva será priorizada para veículos de alta demanda, garantindo a continuidade das operações e a satisfação dos clientes. Já a manutenção corretiva será aplicada em veículos menos críticos ou em componentes cuja falha não represente riscos significativos ou altos custos de reparo. Essa abordagem equilibrada visa otimizar os custos de manutenção e maximizar a eficiência da frota.

4.1.2 Coleta de dados e especificações dos veículos

A coleta de dados e o levantamento das especificações técnicas dos veículos são pilares fundamentais para a criação de um plano de manutenção eficiente, especialmente em setores como o de locação de veículos, onde a alta confiabilidade da frota é essencial. Segundo Kirkpatrick (2006), a coleta de dados eficaz permite uma visão detalhada do desempenho dos ativos, possibilitando a personalização das estratégias de manutenção preventiva e preditiva. No contexto da empresa, essas informações contribuem diretamente para a redução de falhas, melhoria da segurança operacional e aumento da durabilidade dos veículos.

De acordo com Rachael Plant (2022), a coleta de dados detalhados sobre a frota, como quilometragem, consumo de combustível, registros de manutenção e tempo de uso, é crucial para a implementação de um plano de manutenção proativo. Tais dados criam um histórico de

desempenho, permitindo prever falhas, otimizar os tempos de operação dos veículos e, conseqüentemente, melhorar a disponibilidade da frota, o que resulta em maior satisfação dos clientes. Além disso, Jardine et al. (2006) enfatizam a importância da coleta contínua de dados para a aplicação de modelos de manutenção preditiva, que permitem ajustes na estratégia conforme as condições reais de uso dos veículos.

As especificações técnicas de cada veículo são igualmente cruciais, pois definem as particularidades de cada componente, orientando os procedimentos de manutenção adequados. Mobley (2002) sugere que, ao conhecer as especificações de cada modelo — como ano de fabricação, tipo de combustível, capacidade do motor, sistema de freios e eletrônica embarcada — as empresas podem planejar intervenções de manutenção personalizadas para diferentes tipos de componentes e sistemas. Esses dados permitem um planejamento mais preciso e eficiente das ações corretivas e preventivas.

4.1.2.1 Definição de Parâmetros de Coleta:

A definição de parâmetros de coleta é um passo essencial na implementação de um plano de manutenção robusto. De acordo com Gulati e Smith (2009), a identificação dos dados críticos — como quilometragem, tempo de uso e histórico de manutenção — deve ser baseada em uma análise criteriosa do ciclo de vida dos ativos e na avaliação dos riscos associados a possíveis falhas. Os autores destacam que a coleta eficiente dessas informações é fundamental para a tomada de decisões proativas e para a confiabilidade operacional. Esses dados podem ser obtidos tanto por meio de sistemas de monitoramento embarcados quanto de registros manuais, a depender da infraestrutura e das necessidades específicas da empresa. Tsang (2002) destaca que a coleta eficaz dessas informações é fundamental para a criação de um histórico de desempenho que sirva como base para a previsão de falhas e otimização do ciclo de manutenção.

4.1.2.2 Implementação de Ferramentas de Registro:

A utilização de ferramentas digitais é fundamental para o gerenciamento eficiente dos dados coletados. Barton & Kapur (2008) sugerem que sistemas digitais, como planilhas avançadas ou softwares de gerenciamento de frota, facilitam o registro, organização e análise dos dados. Esses sistemas permitem o monitoramento em tempo real, a identificação de tendências de desempenho e a análise de dados históricos, proporcionando uma base sólida

para a tomada de decisões sobre as necessidades de manutenção. Além disso, Mobley (2002) reforça que a implementação de tecnologias de registro digital contribui para a transparência, rastreabilidade e acessibilidade dos dados, o que aprimora a eficiência do processo de manutenção.

4.1.2.3 Armazenamento de Dados Técnicos:

A criação de um banco de dados técnico é imprescindível para garantir a gestão eficiente das especificações dos veículos. Koh et al. (2010) afirmam que a centralização de dados técnicos — como tipo de combustível, capacidade de carga e características dos componentes críticos (freios, eletrônica, etc.) — facilita o planejamento de manutenções específicas para cada modelo de veículo. Esse banco de dados serve como uma referência essencial para a execução das intervenções de manutenção e contribui para a padronização dos procedimentos, reduzindo erros e melhorando a eficácia das operações. A utilização de bancos de dados estruturados também permite a rápida consulta e atualização das informações, conforme as necessidades operacionais.

4.1.2.4 Monitoramento Contínuo e Revisão dos Dados:

A criação de um banco de dados técnico é imprescindível para garantir a gestão eficiente das especificações dos veículos. Koh et al. (2010) afirmam que a centralização de dados técnicos — como tipo de combustível, capacidade de carga e características dos componentes críticos (freios, eletrônica, etc.) — facilita o planejamento de manutenções específicas para cada modelo de veículo. Esse banco de dados serve como uma referência essencial para a execução das intervenções de manutenção e contribui para a padronização dos procedimentos, reduzindo erros e melhorando a eficácia das operações. A utilização de bancos de dados estruturados também permite a rápida consulta e atualização das informações, conforme as necessidades operacionais.

4.2 ESTRUTURA DO PLANO DE MANUTENÇÃO

4.2.1 Cronogramas de manutenção

O cronograma de manutenção será estruturado com base nas recomendações do fabricante dos veículos e nas condições reais de operação. Ele será dividido em manutenções

diárias, semanais, mensais e por quilometragem rodada, garantindo que cada veículo receba inspeções e serviços adequados para prolongar sua vida útil e evitar falhas inesperadas, assegurando a confiabilidade e eficiência operacional da frota.

4.2.2 Procedimentos específicos para cada tipo de manutenção

4.2.2.1 Manutenção Preventiva:

- Troca de óleo e filtro conforme especificação do fabricante.
- Verificação do sistema de freios, incluindo pastilhas e discos.
- Inspeção dos pneus e calibração correta.
- Checagem do sistema de iluminação e bateria.

4.2.2.2 Manutenção Corretiva:

- Diagnóstico detalhado do problema.
- Troca ou reparação do componente defeituoso.
- Registro das falhas recorrentes para análise futura.

4.2.2.3 Manutenção Preditiva:

- Análise de vibrações (detecção de desgastes por ruídos anormais).
- Testes de resistência elétrica da bateria e alternador.
- Monitoramento de fluidos por análise laboratorial.

4.3 EXEMPLO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA 10 VEÍCULOS

4.3.1 FMEA

A análise FMEA foi aplicada à frota da empresa para identificar falhas potenciais nos veículos, avaliar seus impactos e definir ações preventivas. As tabelas 2 e 3, apresentam os principais modos de falha, suas causas, efeitos e medidas corretivas, considerando os critérios de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), resultando no Número de Prioridade de Risco (RPN). Essa abordagem permite um planejamento de manutenção mais eficiente, reduzindo custos operacionais e aumentando a disponibilidade da frota.

Tabela 2. FMEA.

FMEA - FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS											
Nº FMEA:	1	REVISÃO:	01/07/2024	DATA DE INÍCIO:	01/05/2024	RESPONSÁVEL: JULIEDSON MODESTO					
PROCESSO:	1	ÁREA:	MECÂNICA	SISTEMA:	REVISADO POR:						
EQUIPE:	LOCABEL										
PONTO DE FALHA			ANÁLISE DE FALHA			AVALIAÇÃO DE RISCO				AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA	
EQUIPAMENTO	FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO	COMPONENTE	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	CAUSAS DA FALHA	O C O R R Ê N C I A	S E V E R I D A D E	D E T E C Ç Ã O	RPN		
4 QVS8B36 MOBI LIKE BRANCO	TRANSPORTAR PESSOAS	MOTOR	ÓLEO LUBRIFICANTE	FALTA DE LUBRIFICAÇÃO NOS COMPONENTES, SUPER AQUECIMENTO DO MOTOR	DESGASTE PREMATURO DAS PEÇAS INTERNAS DO MOTOR, FUNDIÇÃO DAS PEÇAS MOVEIS	CONSUMO EXCESSIVO DE ÓLEO, DESGASTE DAS PEÇAS, MUDANÇA NA PRESSÃO DO ÓLEO, E	5	9	6	270	VERIFICAR O NÍVEL DO ÓLEO LUBRIFICANTE PELO MENOS UMA VEZ POR SEMANA.
			CORREIAS	RACHADURAS OU FENDAS, EXCESSO DE CALOR, ROMPIMENTO DA CORREIA.	MAU SINCRONISMO ENTRE O VIRABREQUIN E A ABERTURA DAS VALVULAS PERDA DE	TENSÃO NÃO APROPRIADA, DESALINHAMENTO, CARGAS EXCESSIVAS.	4	9	8	288	FAZER INSPEÇÃO VISUAL A CADA 10 MIL KM RODADOS
			SISTEMA DE ARREFECIMENTO	SUPERaquecimento do motor	SUPERaquecimento do motor	ENCHERES DAS MANGUEIRAS E TUBULAÇÕES; UNIÃO DA COLMEIA COM AS CAIXAS PLÁSTICAS DO RADIADOR; RESERVATÓRIO DE EXPANSÃO; SELOS DO MOTOR; SISTEMA DE AR QUENTE; BOMBA D'ÁGUA; JUNTA DO CABEÇOTE INEFICAZ	4	7	6	168	VERIFICAR O NÍVEL DO RESEVATORIO DE FLUÍDO REFRIGERANTE, PELO MENOS 1 VEZ POR SEMANA

Fonte: autoria própria.

Tabela 3. FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos (final).

	VELAS DE IGNIÇÃO	FALHA NO MOTOR. LUZ DA INJEÇÃO ELETRONICA NO PAINEL	AUMENTO DO CONSUMO DE COBUSTIVEL. LUZ DO MOTOR NO PAINEL. ACESSA. MOTOR FALHANDO NA MACHA LENTA	DESGASTE DO ELETRODO. GAP INCORRETO. SUPERAQUECIMENTO. ACUMULO DE RESIDUOS; FIAÇÃO DANIFICADA.	4	5	8	160	VERIFICAR AS VELAS DE IGNIÇÃO A CADA 40 MIL KM RODADOS
SISTEMA DE FREIO	MAU FUNCIONAMENTO DO FREIO	CHIADOS OU RUIDOS; TRIPIDAÇÃO NO PEDAL, PEDAL BAIXANDO; INEFICIENCIA NA FRENAGEM	DESGATE DOS COMPONENTES DO FREIO. VAZAMENTO DE FLUIDO DE FREIO. SERVO FREIO OU CILINDRO MESTRE DANIFICADO.	5	4	8	160	VERIFICAR O SISTEMA DE FREIO A CADA 10 MIL KM RODADOS	
TRANSMISSÃO	DIFICULDADE PARA ENGRENAR AS MACHAS	DIFICULDADE PARA ENGATAR AS MARCHAS. RUIDOS METÁLICOS. MARCHAS QUE DESENCAIXAM E TRANCOS NA HORA DA TROCA DE MARCHA.	FLUIDO DE TRANSMISSÃO COM NÍVEL BAIXO. DESGASTE EXCESSIVO DOS DISCOS DE COMPOSITE OU DAS VEDAÇÕES INTERNAS	3	4	8	96	VERIFICAR O SISTEMA DE TRANSMISSÃO A CADA 40 MIL KM RODADOS.	
SISTEMA DE SUSPENSÃO	RUIDOS E DESCONFORTO ORIUNDOS DA SUSPENSÃO	SUSPENSÃO RÍGIDA; PERDA DE ALTURA DO VEICULO; RUIDOS EXCESSIVOS; DESGASTE EXCESSIVO DOS PNEUS. DESALNAMENT O DA DIREÇÃO.	PASSAR EM BURACOS OU LOMBADAS ACIMA DA VELOCIDADE PERMITIDA; FOLGAS NOS COMPONENTES.	4	4	8	128	VERIFICAR A SUSPENSÃO A CADA 10 MIL KM RODADOS	
SISTEMA ELETRICO	LUZ DA BATERIA NO PAINEL; DIFICULDADE AO LIGAR O VEICULO.	FALHAS NO MOTOR. MAU FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE SEGURANÇA. PROBLEMAS NA ILUMINAÇÃO E NO SISTEMA DE ENTRETENIMENTO.	BAIXA CARGA NA BATERIA. MAU FUNCIONAMENTO DO AUTERNAADOR.	4	4	3	48	VERIFICAR A VIDA ÚTIL DA BATERIA PELO MENOS 1 VEZ POR ANO	

Fonte: autoria própria.

4.3.1.1 *Análise dos Resultados Obtidos na Tabela FMEA*

A tabela FMEA, nas figuras 17 e 18, elaborada para a frota da empresa, identifica os principais modos de falha que podem comprometer o funcionamento dos veículos, analisando suas causas, impactos e as medidas preventivas recomendadas. Essa análise é fundamental para compreender quais componentes apresentam maior risco de falha e como essas falhas podem afetar o desempenho e a segurança dos veículos.

A partir dos dados levantados, foi possível determinar a frequência com que determinados problemas ocorrem, a gravidade de seus impactos e a dificuldade de detecção antes que causem danos mais severos. Com base nesses critérios, foi atribuído um Número de Prioridade de Risco (RPN) para cada falha, permitindo a priorização das ações preventivas para os componentes mais críticos da frota.

Além da identificação dos problemas, a análise também propõe medidas corretivas e preventivas que podem ser implementadas para minimizar a ocorrência de falhas, reduzir os custos de manutenção e aumentar a disponibilidade operacional dos veículos. A avaliação detalhada desses dados auxilia na formulação de um plano de manutenção mais eficiente, garantindo maior confiabilidade e segurança para a frota da empresa.

4.3.1.1.1 Avaliação dos Modos de Falha e Priorização dos Riscos

- O RPN (Número de Prioridade de Risco) foi calculado para cada falha, multiplicando Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D).
- As falhas com RPN mais alto devem ser priorizadas na manutenção preventiva, pois representam maior risco para a operação da frota.
- Top 3 Modos de Falha com Maior Risco (RPN):
 - Correias → RPN 288
 - Óleo lubrificante → RPN 270
 - Sistema de arrefecimento → RPN 168

Esses três sistemas exigem atenção prioritária, pois podem causar danos severos ao motor e comprometer a operação do veículo.

4.3.1.1.2 Impacto das Falhas Identificadas

- Correias (RPN 288): A ruptura pode levar à perda de potência e mau sincronismo do

motor, afetando diretamente o desempenho do veículo.

- Óleo lubrificante (RPN 270): A falta de lubrificação pode levar ao superaquecimento do motor e fundição das peças móveis, o que pode causar falhas catastróficas;
- Sistema de arrefecimento (RPN 168): Vazamentos e superaquecimento podem gerar paradas inesperadas, aumentando os custos operacionais.

Ação recomendada: Implementar um controle rigoroso de inspeção nessas áreas e reforçar os procedimentos de troca preventiva para evitar falhas graves.

4.3.1.1.3 Eficiência das Ações Preventivas Propostas

A tabela FMEA sugere medidas preventivas para reduzir a ocorrência de falhas. Aqui estão algumas observações sobre a eficácia dessas ações:

- Óleo lubrificante: A inspeção semanal é uma boa prática, mas pode ser complementada com análise laboratorial do óleo para monitorar o desgaste das peças internas do motor;
- Correias: A inspeção a cada 10.000 km é essencial, mas considerar a substituição dentro da vida útil recomendada pelo fabricante pode evitar riscos;
- Sistema de freios: A inspeção a cada 10.000 km reduz o risco de falha súbita, mas poderia incluir o monitoramento do fluido de freio para identificar contaminação.

4.3.1.1.4 Análise Comparativa de Severidade vs. Ocorrência

A análise comparativa entre severidade e ocorrência das falhas na frota da empresa permite identificar quais problemas são mais frequentes e quais têm maior impacto na operação. Essa relação é essencial para priorizar ações preventivas e corretivas, garantindo maior confiabilidade dos veículos.

A tabela 4, a seguir apresenta os principais componentes analisados, destacando a frequência das falhas, sua gravidade e o risco associado, auxiliando na definição de estratégias de manutenção mais eficazes.

Tabela 4. Análise Comparativa de Severidade vs. Ocorrência.

Componente	Ocorrência (O)	Severidade (S)	Detecção (D)	RPN
Correias	4	9	8	288
Óleo lubrificante	5	9	6	270
Sistema de arrefecimento	4	7	6	168
Velas de ignição	4	5	8	160
Sistema de freios	5	4	8	160
Transmissão	3	4	8	96
Suspensão	4	4	8	128
Sistema elétrico	4	4	3	48

Fonte: autoria própria.

Com base na análise comparativa entre severidade e ocorrência das falhas na frota da empresa, foi possível identificar quais componentes apresentam maior risco, impactando diretamente a operação:

- Componentes com alta severidade ($S \geq 7$) e alta ocorrência ($O \geq 4$) são os mais críticos, pois podem gerar falhas graves e recorrentes.
- O sistema elétrico tem baixa severidade ($S = 4$) e baixa detecção ($D = 3$), o que indica que falhas podem passar despercebidas por longos períodos.

Recomendação: Reforçar as ações preventivas e preditivas nos itens com RPN alto e melhorar a detecção dos sistemas menos críticos, mas com impacto operacional (como o sistema elétrico).

4.3.2 Plano de Manutenção proposto para a frota selecionada

Para assegurar a confiabilidade e eficiência da frota, a empresa implementará um plano de manutenção robusto, fundamentado nas análises obtidas a partir do FMEA. Esse plano será baseado em inspeções preventivas e corretivas, levando em conta a periodicidade das manutenções de acordo com a quilometragem, o tempo de uso e os riscos identificados

durante o FMEA, com o objetivo de minimizar falhas e otimizar os custos operacionais. As tabelas 5, 6, 7 e 8. A seguir, apresentam o cronograma de manutenção para os 10 veículos da frota, destacando os principais itens inspecionados, suas respectivas frequências e as ações corretivas planejadas em caso de falhas potenciais.

Tabela 5. Plano de Manutenção da Frota da empresa.

				DIÁRIAS																																				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
10 QVR1J04 MOBI LIKE BRANCO	Motorista	Verificar o nível do óleo do motor		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
	Motorista	Conferir o nível do líquido de arrefecimento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
	Motorista	Checar o nível do fluido de freio e embreagem	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
	Motorista	Verificar o funcionamento das luzes (faróis, lanternas, setas e freios)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
	Motorista	Observar ruídos incomuns no motor ou suspensão	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
	Motorista	Verificar pressão e estado dos pneus (incluindo o estepe)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
	Motorista	Conferir o funcionamento dos limpadores de para-brisa e nível da água do lavador	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
	Motorista	Testar o freio antes de iniciar a viagem	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
				SEMANAIS																																				
				Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
10 QVR1J04 MOBI LIKE BRANCO	Motorista	Verificar nível do óleo do motor com mais atenção																																						
	Motorista	Inspeccionar se há vazamentos de fluidos no chão da garagem																																						
	Motorista	Conferir a calibragem dos pneus (incluindo o estepe)																																						
	Motorista	Testar bateria e cabos para identificar oxidação ou folga																																						
	Motorista	Lubrificar as dobradiças das portas, capô e tampa do porta-malas																																						
	Motorista	Inspeccionar a condição das palhetas dos limpadores de para-brisa																																						
	Motorista	Checar a fixação da carga na mala ou bagageiro, se utilizado																																						

Fonte: autoria própria.

Tabela 6. Plano de Manutenção da Frota da empresa (continuação).

(***) A cada 10.000 km ou a cada 12 MESES, prevalecendo o que ocorrer primeiro (após a última revisão realizada)														
Veículo Placa Marca/Modelo/cor	Responsável	Atividade	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª
	Oficina credenciada	Substituição do óleo do motor e filtro de óleo do motor. (*)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Oficina credenciada	Verificação do elemento do filtro de aspiração de ar do motor. (*)	x		x		x		x		x		x	
	Oficina credenciada	Substituição do elemento do filtro de aspiração de ar do motor. (*)		x		x		x		x		x		x
	Oficina credenciada	Verificação dos níveis dos líquidos/fluidos de todos os sistemas: freios, lavador dos vidros, direção hidráulica (se equipado), arrefecimento do motor (nível e contaminações), etc. combustível e se há obstrução nas entradas e saídas de ventilação	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Oficina credenciada	Verificação das pastilhas de freio das rodas dianteiras. Obs: se a espessura útil das pastilhas for menor do que 5 mm, deve-se substituí-las. (*)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Oficina credenciada	Verificação das tubulações de escapamento, de alimentação de combustível, dos freios, componentes de borracha da parte inferior do veículo, coifas, guarnições, mangueiras e pneus.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Oficina credenciada	Verificação do esguicho e palhetas dos vidros do para-brisa e vidro traseiro, cintos de segurança, comandos elétricos dos vidros das portas e sistema de abertura/fechamento das portas. Sistema elétrico/eletrônico (rádio, alarme, etc.) bateria e iluminação interna e externa. Quadro de instrumentos e indicadores.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Oficina credenciada	Verificação do filtro do ar-condicionado. (*)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: autoria própria.

Tabela 7. Plano de Manutenção da Frota da empresa(continuação).

10 QVR1J04 MOBI LIKE BRANCO	Oficina credenciada	Verificação e, se necessário, regulagem do freio de estacionamento.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Oficina credenciada	Substituição do filtro de combustível. (*)		x		x		x		x			x	
	Oficina credenciada	Verificação das correias dos órgãos auxiliares do motor. (**)		x		x		x		x			x	
	Oficina credenciada	Verificação da folga de válvulas (motor 1.0 8V Fire)			x			x		x			x	
	Oficina credenciada	Verificação dos cabos das velas de ignição (motor 1.0 8V Fire)			x			x		x			x	
	Oficina credenciada	Verificação do sistema de injeção/ignição do motor. Utilizar o equipamento de diagnóstico.			x			x		x			x	
	Oficina credenciada	Substituição das velas de ignição do motor (motor 1.0 8V Fire).	A cada 30.000 km (independente do tempo)											
	Oficina credenciada	Verificação do sistema de ventilação do cárter do motor "blow-by". (*)				x				x				x
	Oficina credenciada	Verificação do nível do óleo da caixa de câmbio mecânico.				x				x				x
	Oficina credenciada	Verificação visual da correia dentada do comando da distribuição do motor (motor 1.0 8V Fire) (**)				x				x				
	Oficina credenciada	Substituição do fluido dos freios (quando disponível, deve-se também substituir o fluido do sistema de acionamento hidráulico da embreagem).	A cada 24 meses ou a cada 40.000 km (o que ocorrer primeiro)											
	Oficina credenciada	Verificação do nível de emissões dos gases de escapamento.						x					x	
	Oficina credenciada	Verificação do sistema evaporativo do tanque de combustível. (*)						x					x	
	Oficina credenciada	Verificação e, se necessário, substituição das lonas e tambores de freio das rodas traseiras. (*)							x					x

Fonte: autoria própria.

Tabela 8. Plano de Manutenção da Frota da empresa (final).

Oficina credenciada	Substituição da correia dos órgãos auxiliares do motor. (*)	A cada 48 meses ou a cada 60.000 km (o que ocorrer primeiro)											
Oficina credenciada	Substituição da correia dentada do comando da distribuição do motor. (motor 1.0 8V Fire). (*)	A cada 48 meses ou a cada 60.000 km (o que ocorrer primeiro)											
Oficina credenciada	Substituição do óleo da caixa de câmbio mecânico.												x
Oficina credenciada	Substituição do líquido de arrefecimento do motor.	A cada 10 anos ou a cada 240.000 km (o que ocorrer primeiro)											
Oficina credenciada	Revisão de Carroceria: verificação quanto a danos, inclusive as proteções inferiores da carroceria.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(*) Itens que devem ser substituídos/verificados na metade dos prazos indicados, para veículos utilizados predominantemente em estradas poeirentas, arenosas, lamacentas ou em condições severas de uso (reboque, táxi, entrega de porta em porta, etc.) ou quando houver longa inatividade. A cada 3.000 km, verificar e, se necessário, restabelecer o nível de óleo do motor.

(**) Em caso de utilização do veículo predominantemente em estradas poeirentas, arenosas ou lamacentas, efetuar um controle do estado dos

rolamentos e das correias dos órgãos auxiliares (ar-condicionado/bomba d'água/alternador), correia dentada e rolamento do tensor (quando disponível) a cada 10.000 km ou 12 meses e, se necessário, efetuar as substituições.

(***) A TOLERÂNCIA PERMITIDA PARA A EXECUÇÃO DAS REVISÕES É:

- DE 30 DIAS (PARA MAIS OU PARA MENOS) CASO OCORRA POR TEMPO
- DE 1.000 KM (PARA MAIS OU PARA MENOS) CASO OCORRA POR QUILOMETRAGEM

CONTINUIDADE DA MANUTENÇÃO: Após a realização ad última revisão indicada no Plano de Manutenção Programada, considerar a mesma frequência para substituição e verificação de cada item.

Fonte: autoria própria.

4.3.2.1 Implementação do Plano de Manutenção

Com a análise dos riscos identificados na FMEA concluída, o foco agora se volta para a aplicação prática do Plano de Manutenção da frota da empresa. A implementação desse plano visa não apenas a redução das falhas críticas mapeadas, mas também a otimização da vida útil dos veículos e a diminuição dos custos operacionais associados às manutenções corretivas emergenciais. A estratégia adotada está fundamentada em inspeções sistemáticas e ações preventivas, estabelecendo um controle rigoroso sobre os componentes mais suscetíveis a falhas, conforme indicado pela priorização dos riscos. Para garantir a eficácia do plano, foram definidos procedimentos específicos para diferentes tipos de manutenção, detalhando as atividades a serem realizadas, suas frequências e a metodologia de acompanhamento.

4.3.2.2 Estruturação do Plano de Manutenção

O plano de manutenção será dividido em três frentes principais:

1. Manutenção Preventiva:

- Executada em intervalos regulares, conforme a quilometragem ou o tempo de uso dos veículos.
- Inclui inspeções de fluidos, lubrificação, estado das correias e análise do sistema de arrefecimento.
- Visa evitar falhas inesperadas e reduzir a necessidade de intervenções corretivas.

2. Manutenção Corretiva:

- Aplicada quando há falhas identificadas nos componentes durante as inspeções ou por relato dos motoristas.
- Consiste na substituição de peças danificadas e ajustes técnicos para restaurar a funcionalidade do veículo.
- Segue os critérios estabelecidos no FMEA para priorizar ações corretivas em componentes críticos.

3. Manutenção Preditiva:

- Utiliza dados coletados das inspeções e de sensores embarcados para prever falhas antes que ocorram.
- Inclui testes laboratoriais para análise da qualidade do óleo lubrificante e monitoramento eletrônico de vibração em componentes como suspensão e motor.

- Permite ajustes no cronograma de inspeções baseado no desempenho real dos veículos.

4.3.2.3 *Acompanhamento e Controle das Manutenções*

Para garantir que o plano seja aplicado de maneira eficiente, foram definidas estratégias para o monitoramento contínuo do desempenho da frota e a avaliação da eficácia das ações de manutenção.

4.3.2.3.1 Registros e Histórico de Manutenções:

- Cada veículo terá um registro detalhado com as manutenções realizadas, facilitando o acompanhamento do histórico e a identificação de padrões de falha;
- Os dados serão armazenados digitalmente, permitindo acesso rápido às informações e facilitando auditorias internas.

4.3.2.3.2 Indicadores de Desempenho (KPIs):

- Tempo Médio Entre Falhas (MTBF): Mede a confiabilidade dos veículos ao longo do tempo.
- Tempo Médio de Reparo (MTTR): Avalia a eficiência das manutenções corretivas realizadas.
- Custo Médio por Veículo: Permite a análise da relação entre investimento em manutenção preventiva e economia com redução de falhas.
- Taxa de Disponibilidade da Frota: Mede o percentual de veículos disponíveis para operação em determinado período.

4.3.2.3.3 Revisões Periódicas do Plano:

- A cada seis meses, será realizada uma revisão completa dos dados para ajustar a frequência das inspeções e otimizar os procedimentos com base nos resultados obtidos.
- Caso novas falhas críticas sejam identificadas, o plano será atualizado para contemplar medidas preventivas adicionais.

4.3.2.4 *Benefícios Esperados com a Implementação*

Com a adoção desse plano estruturado, espera-se alcançar os seguintes benefícios:

- Redução de falhas inesperadas, garantindo maior confiabilidade e segurança na operação da frota;
- Diminuição dos custos com manutenção corretiva, evitando reparos emergenciais e substituições de peças não planejadas;
- Aumento da vida útil dos veículos, garantindo melhor aproveitamento do investimento da empresa;
- Melhoria na eficiência operacional, minimizando paradas não programadas e otimizando a logística da empresa;
- Maior previsibilidade nos custos de manutenção, facilitando o planejamento financeiro da empresa;

Com esse conjunto de estratégias e controles, a empresa assegura uma gestão eficiente da manutenção da frota, alinhada com as necessidades operacionais e financeiras da empresa, promovendo um serviço confiável e de qualidade para seus clientes.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.

A implementação do plano de manutenção para a frota da empresa, com base na análise FMEA e em diretrizes técnicas, representa um avanço significativo na gestão dos ativos veiculares da empresa. A estruturação de inspeções preventivas e preditivas, aliada à priorização de falhas críticas, permitiu o desenvolvimento de um sistema de manutenção mais eficiente, reduzindo falhas inesperadas, minimizando custos operacionais e aumentando a confiabilidade da frota

Os dados levantados indicaram que os principais componentes críticos da frota são o sistema de lubrificação, as correias e o sistema de arrefecimento, sendo estes responsáveis por grande parte das ocorrências de falhas. A definição de inspeções regulares para esses sistemas garante uma abordagem proativa na prevenção de problemas, reduzindo o tempo de indisponibilidade dos veículos.

Com base nos princípios estabelecidos nas NBR 5462 e NBR 14082, a metodologia aplicada no plano de manutenção seguiu diretrizes reconhecidas na indústria, garantindo a confiabilidade e a eficiência das práticas adotadas. O uso de indicadores de desempenho, como MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio de Reparo) e a Taxa de

Disponibilidade da Frota, será essencial para monitorar e aprimorar continuamente o plano implementado.

Dentre os principais benefícios esperados com a execução deste plano, destacam-se:

- Redução das ocorrências de falhas inesperadas e manutenções corretivas.
- Otimização dos custos operacionais por meio da gestão eficiente da vida útil dos componentes veiculares.
- Aumento da segurança operacional da frota, com a redução de riscos de acidentes devido a falhas mecânicas.
- Melhoria na qualidade do serviço oferecido pela empresa, com a garantia de maior disponibilidade de veículos para os clientes.

5 CONCLUSÃO

Dessa forma, o presente estudo reforça a importância da manutenção planejada na gestão de frotas e demonstra que a aplicação de metodologias sistemáticas e baseadas em normas técnicas é essencial para a otimização dos processos operacionais. O plano desenvolvido para a Locabel pode servir como modelo para outras empresas do setor, proporcionando maior controle sobre os custos de manutenção e aprimorando a confiabilidade dos serviços prestados.

5.1.1 Recomendações para melhorias futuras.

Apesar dos avanços propostos, alguns desafios devem ser considerados na implementação do plano, como o investimento inicial para o treinamento dos funcionários e a adoção de tecnologias de monitoramento preditivo. No entanto, os resultados projetados justificam tais investimentos, uma vez que a redução dos custos operacionais e o aumento da confiabilidade da frota trarão retorno financeiro a longo prazo.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a investigação da eficácia do uso de tecnologias embarcadas para o monitoramento remoto do desempenho dos veículos. A integração de sistemas de telemetria e análise de dados pode aprimorar ainda mais a gestão da manutenção e permitir a tomada de decisões baseada em informações em tempo real.

REFERÊNCIAS

- ABC PNEUS. **Suspensão automotiva**. Disponível em: <<https://www.abcpneus.net>>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- ALVES, Alan Pereira. **A importância da gestão da manutenção na qualidade**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Anhanguera, Anápolis, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462-2: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/ea.vargas2512/nbr-5462-2>>. Acesso em: 24 out. 2024.
- BARTON, R.; KAPUR, R. **Reliability and Maintainability Engineering**. CRC Press, 2008.
- BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- COMO funciona um sistema de transmissão. Mecânica Industrial. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/370-como-funciona-um-sistema-de-transmissao/>>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- ENGETELES. **FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/fmea-o-que-e-como-fazer/>>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- FERREIRA, L. L. **Implementação da central de ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. 2008. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.
- FREIOS ABS. Disponível em: <<https://r19club.com/freios/freios-abs/>>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- GULATI, Ramesh; SMITH, Ricky. **Maintenance and Reliability Best Practices**. New York: Industrial Press, 2009.
- JARDINE, A. K. S.; TSANG, A. H. C. **Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications**. CRC Press, 2006.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica. 3. ed.** Rio de Janeiro: Qualitymark; Petrobrás, 2009.
- KIRKPATRICK, D. L. **Evaluating Training Programs: The Four Levels**. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 2006.

- KOH, H.; PHILLIP, C.; YU, Heather. **Quality Control and Reliability Engineering**. Wiley, 2010.
- MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos**.2003.
- MARTINS, P. R. **Manutenção centrada na confiabilidade: aplicações em frotas**. **Engenharia e Manutenção Industrial**, v. 8, n. 2, p. 112-125, 2020.
- MOBLEY, R. K. **An Introduction to Predictive Maintenance**. 2. ed. Elsevier, 2002.
- MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, S. T. **Gestão de manutenção em sistemas de ignição automotiva**. Curitiba: Editora UFPR, 2020.
- PLANT, Rachael. **How to use fleet maintenance data to improve your operations**. Fleetio, 2022. Disponível em: <<https://www.fleetio.com/blog/ufd-maintenance>>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- Resumo Livro Manutenção. Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM285/2015-2/Conte%FAdos/Resumo%20Livro%20Manuten%E7%E3o.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2024.
- SANTOS, J. A. **Manutenção preventiva em motores automotivos: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2018.
- SILVA, João. **Gestão de frotas e manutenção automotiva**. São Paulo: Editora Técnica, 2019.
- SILVA, M. B.; ALMEIDA, R. C. **Análise de desgaste em sistemas de lubrificação automotiva**. **Revista Brasileira de Engenharia Mecânica**, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2019.
- SIMPLUS. **Noções básicas de elétrica automotiva**. Disponível em: <<https://blog.simplusbr.com/nocoos-basicas-de-eletrica-automotiva>>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.
- SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e função do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3625>>. Acesso em: 25 set. 2024.
- TSANG, A. H. C. **Maintenance Strategy and Decision Making**. Springer, 2002.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Manual de gestão da manutenção – Volume 1. 1. ed.** Brasília: Engeteles Editora, 2020.

XENOS, Halirus Georgius D’Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva: um caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.