

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO ARCOS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Ingridy Cristina Faria
Victor Augusto Rodrigues Esteves

**PLANO DE CONTROLE E MANUTENÇÃO PARA UMA LOCADORA DE
VEÍCULOS 4x4**

Arcos
2022

INGRIDY CRISTINA FARIA
VICTOR AUGUSTO RODRIGUES ESTEVES

**PLANO DE CONTROLE E MANUTENÇÃO PARA UMA LOCADORA DE
VEÍCULOS 4x4**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica do
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Avançado Arcos para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Maurício Lourenço Jorge

Arcos

2022

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Avançado Arcos*

F224p
2022

Faria, Ingridy Cristina.

Plano de controle e manutenção para uma locadora de veículos 4x4 / Ingridy Cristina Faria, Victor Augusto Rodrigues Esteves. - Arcos, 2022. 28 f. : il. color.

Orientador: Maurício Lourenço Jorge.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica.) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Avançado Arcos*.

1. Plano de manutenção (Engenharia Mecânica). I. Esteves, Victor Augusto Rodrigues. II. Jorge, Maurício Lourenço (orientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Avançado Arcos*. IV. Título.

CDD: 629.287

Elaborada por Meriely Ferreira de Almeida- CRB-6/2960



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Avançado Arcos
Diretoria de Ensino
Docentes Área Técnica
Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG
3733515173 - www.ifmg.edu.br

Ata de Defesa de TCC do Curso de Bacharelado em
Engenharia Mecânica, realizada em 21 de novembro de
2022

Aos vinte e um dias do mês de novembro de dois mil e vinte e dois, às dez horas, se reuniu a banca avaliadora composta pelo Professor Francisco de Sousa Junior, Professor Marcos Paulo Gonçalves Pedroso, Professor Claudio Humberto Junqueira de Sousa e Maurício Lourenço Jorge (orientador), para avaliar o trabalho intitulado “Plano de Controle e Manutenção Baseado em uma Locadora de Veículos 4x4”, em formato de artigo, apresentado pela aluna Ingridy Cristina Faria e pelo aluno Victor Augusto Rodrigues Esteves, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro(a) Mecânico(a). Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “aprovado”, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emite, em consenso, o conceito final 90,0. Nada mais havendo a tratar, a defesa foi encerrada às 11 horas e quinze minutos e eu, Maurício Lourenço Jorge, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 07 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 21/11/2022, às 17:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Paulo Gonçalves Pedroso, Professor**, em 21/11/2022, às 17:38, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Francisco de Sousa Junior, Professor**, em 22/11/2022, às 13:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Humberto Junqueira de Sousa, Professor Substituto**, em 22/11/2022, às 15:08, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1371804** e o código CRC **6B84F3B5**.

RESUMO

Esse artigo trata de um plano de manutenção para locadoras de veículos que poderá ser utilizado principalmente por empresas dos ramos de mineração, engenharia, agricultura e geologia. Essas empresas têm como veículos preferenciais camionetes 4x4. Por se tratar de empresas que operam em lugares com condições críticas, a utilização dos veículos é considerada de alta severidade. Referindo-se a essa aplicação, os planos de manutenções convencionais recomendados pelos fabricantes têm pouca relevância, principalmente em relação aos sistemas de freio e suspensão. Para aumentar a confiabilidade e disponibilidade do veículo, foram realizadas análises e posteriormente criado um plano de manutenção com critérios e períodos específicos, com a previsão de uma economia de R\$ 50.000,00 por ano em manutenções corretivas, levando em consideração apenas peças trocadas em decorrência de falha precoce de outra peça do mesmo sistema.

Palavras-chave: Plano de manutenção. Locadora de veículos. Severidade. Confiabilidade. Disponibilidade.

ABSTRACT

This article is about a maintenance plan for car rental companies, used mainly by companies in the mining, engineering, agricultural and geological fields. These companies have 4x4 pickups as their preferred vehicles. Because these companies operate in places with critical conditions, the use of the vehicles is considered of high severity. In this application, the conventional maintenance plans recommended by the manufacturers are of little relevance, especially in relation to the brake and suspension systems. In order to increase the reliability and availability of the vehicle, analyses were carried out and a maintenance plan with specific criteria and periods was created, with a forecast of R\$ 50,000.00 savings per year in corrective maintenance, considering only parts replaced due to the early failure of another part of the same system.

Keywords: Maintenance plan. Vehicle rent. Severity. Reliability. Availability.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
1.2	Justificativa	7
1.3	Objetivos	7
1.3.1	Objetivo geral	7
1.3.2	Objetivos específicos	7
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1.	Manutenção	8
2.2.	Plano de manutenção	8
2.3.	Matriz de criticidade	9
2.4.	FMEA	10
3	METODOLOGIA	11
3.1	Estudo de caso	11
3.2	Cálculo do MTBF	12
3.3	Árvore estrutural e matriz de criticidade	12
3.4	FMEA	13
3.5	Gastos com manutenção corretiva	13
4.	RESULTADOS	14
5.	CONCLUSÃO	16
	REFERÊNCIAS	17
	APÊNDICE A – Tabela FMEA (Análise de modo e efeito de falha)	19
	APÊNDICE B: Plano de manutenção	22
	APÊNDICE C: Plano de manutenção semanal	24
	ANEXO A - Critérios matriz de criticidade	25
	ANEXO B - Critérios FMEA	27

1. INTRODUÇÃO

O setor automotivo representa grande parte do PIB Brasileiro, impulsionando setores como aço e derivados de borracha, gerando empregos e renda (ONOHARA e ONOHARA, 2019). Como no setor automotivo a quantidade de empresas de locação de veículos tem aumentado cada vez mais, mesmo em cenário de crise, o faturamento bruto no Brasil aumentou em 33,5% equivalente a 23,5 bilhões de reais em 2021 (ABLA, 2022).

Apesar do aumento no setor e de seu grande faturamento, os gastos com manutenções corretivas ainda são preocupantes. No presente artigo, será analisada uma locadora em que o faturamento se dá pela quantidade de dias locados. Uma vez que os dias de manutenção são isentos de faturamento, um veículo parado para manutenção deixa de gerar lucros.

De acordo com Moraes (2004), a evolução da manutenção passou por três gerações: a primeira geração, de 1930 a 1940, baseava-se apenas no reparo após a falha (Corretiva). A segunda, de 1940 a 1970, tem como característica o aumento da vida útil e da disponibilidade dos equipamentos, após a introdução de manutenção planejada (Preventiva), mas que apresentava custos relativamente elevados, devido a trocas desnecessárias de componentes. Por fim, a terceira geração, a partir de 1970, trouxe aumento significativo de disponibilidade e confiabilidade, a partir da adoção de equipamentos de análise de condição e risco de falha (Preditiva), com melhora significativa na relação de custo e benefício das manutenções.

Dentre a manutenção preventiva e preditiva, não se tem uma opção melhor, mas a que mais se enquadra a cada situação. Neste trabalho, adotou-se a manutenção preventiva, por se adequar melhor a situação avaliada, visto que os veículos realizam apenas as paradas programadas, dificultando um acompanhamento pela preditiva devido às localizações que transitam. Com ela, é possível reduzir custos, pois a falha prevista terá seu reparo planejado e antecipado, além da segurança e índice de confiabilidade serem maiores para a operação do equipamento (BARBOZA, 2018).

Salienta-se que, no presente texto o veículo será chamado também de equipamento, com a implantação de um plano de manutenção preventiva, o equipamento terá uma vida útil maior, melhorando sua disponibilidade e confiabilidade.

1.2 Justificativa

Devido a grande quantidade de manutenções corretivas que eram realizadas nos veículos, notou-se que apenas o plano de manutenção indicado pelo fabricante não era suficiente para manter a frota em pleno funcionamento, além de ter um custo elevado nas manutenções corretivas, elevando o custo de manutenção em até 25% de acordo com Fitch (2003).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo elaborar um plano de manutenção para veículos 4x4, por meio de dados coletados de uma locadora situada em Belo Horizonte/MG, no qual os veículos transitam por diversas regiões do Brasil, também utilizando do manual do fabricante, implementando uma matriz de criticidade e a Análise de modo e efeito de falha para identificar os componentes que devem ser priorizados.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar base de dados com 42 veículos
- Calcular Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)
- Elaborar matriz de criticidade
- Elaborar Fmea
- Elaborar plano de manutenção de acordo com as ferramentas estudadas

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Manutenção

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), a manutenção é estabelecida por um conjunto de ações primordiais para que um equipamento seja conservado ou restaurado de modo a manter seu pleno funcionamento. Ela pode ser dividida em Proativa, envolvendo ações que antecedem a falha (subdividida em preventiva e preditiva), e reativa, com ações que sucedem a falha (corretiva).

Existem termos recorrentes que auxiliam na compreensão do contexto. Caracteriza-se como defeito um evento que não impede o funcionamento de imediato, mas pode ocasionar a parada do equipamento caso não seja solucionado. Por outro lado, falhas são os eventos que efetivamente impedem o funcionamento (ABNT, 1994). A confiabilidade é o termo que define a capacidade do equipamento exercer sua função, em condições específicas, por um determinado período de tempo. Um dos principais fatores utilizados para cálculo da confiabilidade é o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), que será abordado posteriormente.

Outro termo de uso contínuo na manutenção é a durabilidade, definida pela capacidade de um item desempenhar sua função sob dadas condições de uso e manutenção, até que seu estado-limite seja alcançado; denomina-se por estado-limite o fim de sua vida útil (ABNT, 1994).

2.2. Plano de manutenção

A manutenção se caracteriza como um processo de custo elevado que, somado ao longo da vida útil do equipamento, tem valor significativo. Também é um processo com “mão de obra intensiva” e continuará sendo mesmo com desenvolvimento e avanço tecnológico (VIEIRA, 1991).

Para elaboração do plano de manutenção, utilizou-se a ferramenta *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), também conhecido como Análise dos Modos e Efeitos de Falha, seguindo as seguintes etapas: levantamento de dados, definição quanto ao grau de criticidade dos sistemas, escolha do tipo de manutenção, e estruturação do plano.

Para definir os componentes com maior criticidade, um dos parâmetros utilizados foi o MTBF (*Mean Time Between Failures*), que significa tempo médio entre falhas. O MTBF é um dos indicadores de confiabilidade mais utilizados para componentes que recebem

manutenção. O tempo entre falhas pode ser medido em horas trabalhadas ou quilômetros rodados (ABNT, 1994).

O MTBF é importante pois permite estabelecer os intervalos de manutenção e o número de peças de reposição ao decorrer da vida útil de um determinado equipamento. Para o cálculo do MTBF dos componentes do veículo, devem ser conhecidos três dados: histórico do veículo, quilometragens de utilização dos componentes e quantidade de vezes que esse item falhou. A partir disso, adaptou-se a equação proposta por Rodrigues (2022):

$$MTBF = Q \div P \quad (1)$$

Onde:

Q: Quilometragem total

P: Quantidade de vezes que o item falhou

A partir da média de quilometragem de falha dos itens avaliados, foi analisada e proposta uma quilometragem ideal de troca do item, antecipando sua falha e prevenindo danos em outros componentes do sistema que o item pertence.

2.3. Matriz de criticidade

A matriz de criticidade é utilizada para estabelecer prioridades de manutenção em uma linha de produção, seguindo uma escala de A (criticidade elevada), B (criticidade moderada) e C (baixa criticidade).

O equipamento de criticidade A é aquele cuja falha chega a interromper o funcionamento, afetando de forma irrecuperável a eficiência produtiva e trazendo riscos à segurança e/ou meio ambiente, além de aumentar em mais de 20% os custos, se comparado com manutenção preventiva (TELES, 2016).

O equipamento de criticidade B é aquele cuja falha afeta o funcionamento, porém de forma recuperável, pode causar lesões leves, riscos controlados à saúde e ao meio ambiente, e pode aumentar de 10% a 20% os custos com manutenção se comparado à preventiva (TELES, 2016).

O equipamento de criticidade C é aquele cuja falha não afeta o funcionamento, as lesões causadas são leves e riscos ecológicos de baixa duração, não afetando significativamente os custos com manutenção (TELES, 2016).

No presente artigo, não será tratada a criticidade de cada veículo, e sim a criticidade dos sistemas, quais devem ser analisados com maior ou menor periodicidade, quais podem

ocasionar um acidente instantaneamente caso a falha venha a ocorrer e quais têm maior impacto no custo de manutenção.

2.4. FMEA

A ferramenta é de grande importância, pois auxilia na identificação das falhas e dos efeitos associados a cada modo de falha, mediante um raciocínio dedutivo (REIS, 2014).

O surgimento da ferramenta FMEA se deu por volta de 1949, com o objetivo de analisar falhas em sistemas e equipamentos do exército americano. Na década de 60, um aprimoramento foi realizado pela NASA, aplicando FMEA no setor aeronáutico. Porém, foi por volta de 1976 que essa ferramenta passou a ser utilizada no setor automobilístico (REIS, 2014).

A estrutura de um FMEA baseia-se no ponto de falha, análise de falha, avaliação e ação preventiva recomendada. O ponto de falha é composto pelo equipamento/sistema e componentes (TELES, 2017). Na análise da falha tem-se a descrição das falhas que podem ocorrer (modo), as consequências que essa falha pode causar (efeito), e o que originou seu aparecimento (causa).

Na avaliação de risco, utiliza-se uma escala de 1 a 10 para avaliar os critérios de ocorrência (probabilidade de a falha ocorrer), severidade (impacto que a falha pode causar ao processo, à segurança e ao meio ambiente), detecção (probabilidade de detectar a falha caso ocorra) e o RPN (*Risk Priority Number*) que é a multiplicação de todos os fatores. Em caso de empate deve-se considerar a severidade como o maior peso para desempate.

Após os pontos descritos e analisados, podem ser propostas ações de caráter preventivo, visando sanar ou diminuir o risco de falha (TELES, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso

Empresas locadoras de veículos são responsáveis por garantir o deslocamento de cargas e pessoas a passeio ou a trabalho. Dessa forma, a confiabilidade assume papel de suma importância, garantindo que esse deslocamento seja realizado de forma segura e sem contratempos. Esse artigo apresenta o quão importantes são as manutenções dos veículos, sugerindo um plano de manutenção que levará em conta sua utilização, de modo a garantir seu pleno funcionamento.

Anomalias como ruídos e vazamentos são sinais de defeitos, que futuramente poderão vir a ocasionar falha dos componentes e posteriormente do veículo. Quando sinais de anomalias são detectados e inseridos no planejamento da manutenção, pode-se determinar o local de menor distância e menor custo para o reparo, além de aumentar a vida útil dos componentes daquele sistema.

De acordo com Miragaya (2021), o uso severo de veículos ocorre quando são submetidos a condições adversas, que impõem maior desgaste ao veículo e seus componentes. As condições severas às quais veículos 4x4 são submetidos são a utilização em vias não asfaltadas (areia ou terra) e a permanência por longos períodos de tempo em alta rotação.

As áreas de utilização desses veículos, além de gerar excesso de partículas dispersas no ar, por não serem asfaltadas, podem conter também umidade acentuada ou zonas alagadas. Em se tratando de mineração, os ambientes podem conter também materiais corrosivos, além de os veículos geralmente operarem no limite da capacidade e com o sistema de tração.

Neste cenário, os veículos precisam ter um plano de manutenção criterioso, baseado em suas condições reais de uso, pois a tendência de uma falha aumenta consideravelmente, muitas vezes não alcançando as quilometragens mínimas determinadas pelos fabricantes.

Para elaboração do plano de manutenção, foram definidos os itens a partir do grau de criticidade, escolhidos em função de relevância para o pleno funcionamento do veículo, garantindo confiabilidade e segurança em sua utilização.

Para a análise de criticidade e cálculo do MTBF, será utilizada uma base de dados com 42 veículos da Mitsubishi modelo L200 Triton 2.4, ano 2021, monitorados ao longo de um ano.

A escolha deste modelo se deu por meio de pesquisas dos veículos de mesma categoria disponíveis no mercado, após o que identificou-se que a L200 tem maior sensibilidade

a paradas por falta de manutenções preventivas e por uso em condições mais severas. Para a criação do plano foi seguido o fluxograma da imagem 1.

Figura 1 - Fluxograma de etapas



Fonte: Próprios autores (2022)

3.2 Cálculo do MTBF

Para o cálculo do MTBF utilizou-se a equação (1), para cada um dos 42 veículos da base de dados, posteriormente realizou-se a média por componentes, resultando em um MTBF geral apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - MTBF (*Mean Time Between Failures*)

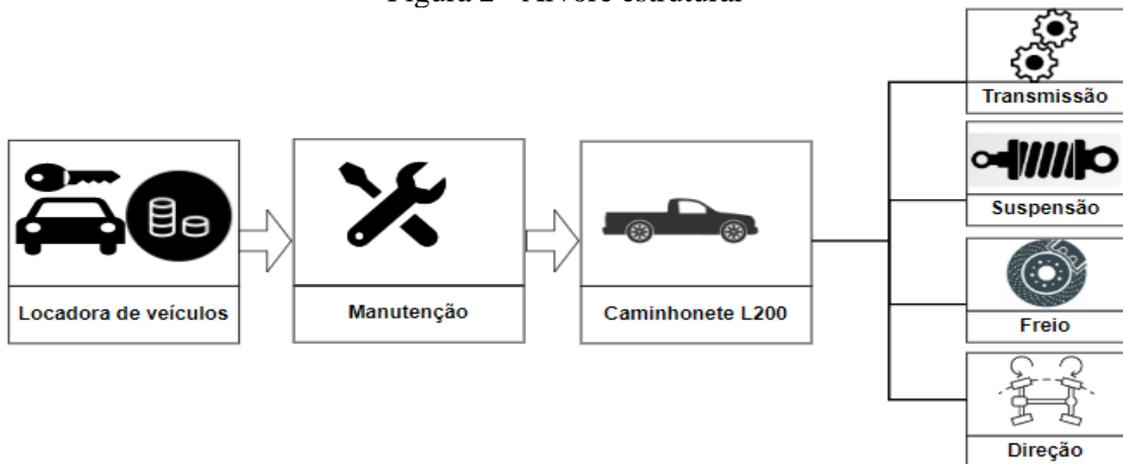
Peça	MTBF Geral
Bucha Barra Estabilizadora	18.814 km
Bieleta	16.805 km
Embreagem	15.481 km
Pastilha Freio Dianteira	16.880 km
Sapata Freio	19.284 km
Feixe De Molas	17.833 km
Cabo De Freio	22.105 km
Amortecedor Dianteiro	9.351 km
Caixa De Direção	25.538 km

Fonte: Próprios autores, 2022.

3.3 Árvore estrutural e matriz de criticidade

Para a criação da matriz criticidade, foram adaptados os critérios de Teles (2019). A partir dos dados disponíveis no Anexo A, a matriz foi criada levando em consideração os itens de trocas recorrentes, conforme a árvore estrutural dos sistemas, vistos na Figura 1.

Figura 2 - Árvore estrutural



Fonte: Próprios autores (2022)

3.4 FMEA

A partir da definição dos artigos de alta e média criticidade, elaborou-se o FMEA presente no Anexo C, a partir dos critérios presentes no Anexo B.

3.5 Gastos com manutenção corretiva

Para uma análise de custos foi levado em consideração apenas trocas de itens que tiveram sua troca necessária em decorrência da falha de outro item, a exemplo, um dos itens no qual realizou o levantamento de custo foi o disco de freio, pois sua troca se dá em decorrência da falha da pastilha, os custos foram com base nos dados dos 42 veículos avaliados no ano de 2021.

4. RESULTADOS

Com a análise dos dados e dos critérios estabelecidos para matriz de criticidade, elaborou-se a tabela 2.

Tabela 2 - Matriz de criticidade

Sistema	Componente	Pontuação						Classificação
		Produção	Custo de manutenção	Segurança	Confiabilidade	Qualidade	Total	
Direção	Caixa de direção	2	3	2	3	2	72	Média
Freio	Pastilha de freio	3	0	1	3	2	0	Alta
Freio	Discos de freio	3	3	3	3	2	162	Baixa
Freio	Cabo freio de estacionamento	3	3	3	3	3	243	Baixa
Freio	Tambor de freio	3	3	3	3	3	243	Baixa
Freio	Sapata de freio	3	0	2	3	2	0	Alta
Suspensão/Direção	Amortecedor	2	3	2	3	2	72	Média
Suspensão/Direção	Coifas	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Batente	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Coxim	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Bandejas sup. e inf.	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Buchas das bandejas	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Pivô	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Bieleta	3	3	3	3	2	162	Baixa
Suspensão/Direção	Buchas da barra estabilizadora	3	3	3	3	3	243	Baixa
Suspensão/Direção	Feixe de mola	0	3	1	3	2	0	Alta
Transmissão	Embreagem	1	0	1	3	0	0	Alta
Transmissão	Semieixo traseiro	1	3	3	3	3	81	Média
Transmissão	Coifas	3	1	3	3	3	81	Média
Transmissão	Semieixo dianteiro	1	3	3	3	3	81	Média

Fonte: Próprios autores, 2022.

Os ativos classificados como média e alta criticidade foram implementados no FMEA para maior detalhamento, determinando-se notas para ele, a partir dos critérios estabelecidos para o FMEA.

A partir da análise pelo FMEA (Apêndice A) foi possível elaborar o plano de manutenção (Apêndice A), com periodicidade de 5.000 km entre manutenções, essa quilometragem proveniente da análise dos MTBF's, recomendando a troca, limpeza ou lubrificação de cada item considerando sua criticidade, também elaborou-se um plano de inspeção semanal, para maior detecção de falhas rotineiras.

Por fim realizou-se o levantamento de custo dos itens trocados apenas em decorrência de falha precoce de outros itens do mesmo sistema, onde o somatório de custo das peças foi de em média R\$ 50.000,00 no ano de 2021.

5. CONCLUSÃO

A implantação do plano de manutenção aumenta a disponibilidade da frota de veículos, pois as manutenções passam a ser planejadas evitando intervenções corretivas onerosas.

Pela quantidade de manutenções corretivas que eram realizadas, apenas as trocas recomendadas no manual do fabricante não eram suficientes para evitar falhas, uma vez que não são consideradas as condições reais em que os veículos operam. Para alguns itens, como troca de óleos e filtros, foram consideradas as recomendações do fabricante para uso severo, enquanto que, para troca das pastilhas, sapatas e embreagem, a partir das análises, recomendou-se a quilometragem calculada pelo MTBF e sua inspeção baseada na menor quilometragem em que se observou a falha.

Além do plano sugerindo trocas e inspeções com base em quilometragem, foi realizado um plano com inspeções semanais, a fim de verificar o equipamento e evidenciar possíveis falhas rotineiras, garantindo o pleno funcionamento do equipamento e sua maior disponibilidade.

Com a implantação do plano de manutenção e o checklist, as locadoras de veículos terão redução nos gastos com manutenções corretivas, em média R\$ 50.000,00/Ano só em peças danificadas por falha precoce de outro componente do mesmo sistema, com base no gasto nos 42 veículos avaliados no ano de 2021.

Isso ocorre, pois, as manutenções ocorrerão de forma programada e as falhas serão identificadas precocemente. Dessa forma, a falha será sanada no início, não danificando outros componentes e sistemas.

REFERÊNCIAS

- ABLA. Estatísticas do aluguel de veículos: frota cresceu 12,8% em 2021. 2022. Disponível em: <https://www.abla.com.br/noticia/estatisticas-do-aluguel-de-veiculos-frota-cresceu-128-em-2021>. Acesso em: 01 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 37 p.
- BARBOZA, Tiudorico Leite. Um histórico da manutenção e conceitos sobre sua função. Revista Marítima Brasileira, v. 138, n. 10/12, 2018.
- BASTOS, André Luís Almeida. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem. 2006. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr470324_8144.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.
- BENETOLI, Pedro Henrique. ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UM AUTO CENTER ESPECIALIZADO EM SUSPENSÃO AUTOMOTIVA. 2021. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/2230/1/TCC%20PEDRO%20HENRIQUE%20BENETOLI.pdf>. Acesso em: 01 maio 2022.
- FITCH, J. C. Manutenção proativa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditiva/preventiva convencionais. Revista Elo. São Paulo, 2003.
- MIRAGAYA, Fernando. Uso severo, o inimigo oculto que maltrata seu carro. 2021. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/uso-severo-o-inimigo-oculto-que-maltrata-seu-carro/>. Acesso em: 01 maio 2022.
- MORAES, Paulo Henrique de Almeida. Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004.
- ONOHARA, Edson Yassuo; ONOHARA, Meiry Mayumi. Manutenção automotiva preventiva: na ótica do proprietário da oficina. Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas, v. 4, n. 03, p. 149-164, 2019.
- PASSAMAI, Breno Dummer; CASTILHO, Gustavo Beccalli de. NOVA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA EM EMPRESA DE REFRIGERANTE – PROPOSTA E ESTUDO DE CASO. 2007. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007. Disponível em: https://engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2007-1_breno_e_gustavo.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.
- REIS, Camila Yolanda Silva dos. IMPLANTAÇÃO DO FMEA DE PROCESSO EM UMA LINHA DE MONTAGEM DE 2º EIXO DIANTEIRO DIRIGÍVEL. 2014. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha” Centro Universitário Eurípides de Marília – Univem Curso de Engenharia de Produção, Marília, 2014

RODRIGUES, Gabriel. MTBF: o que é, como calcular e tempo médio. Disponível em: <https://www.blog.auvo.com/post/mtbf-o-que-e-e-como-fazer-o-calculo-tao-importante-para-manuten%C3%A7ao>. Acesso em: 26 jun. 2022.

SIQUEIRA, Bruna Oliveira de; ALBUQUERQUE, Thiago Henrique Marques de. AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO EM AUTOMÓVEIS-ESTUDO DE CASO. 2019. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/viisimep/315810.pdf>. Acesso em: 01 maio 2022.

TELES, Jhonata. Matriz de Criticidade para Equipamentos. 2016. Disponível em: <https://engeteles.com.br/matriz-de-criticidade-para-equipamentos/>. Acesso em: 26 jun. 2022.

TELES, Jhonata. FMEA: O que é e como fazer. 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/fmea-o-que-e-como-fazer/>. Acesso em: 23 jun. 2022.

VIEIRA, Manoel Galhart et al. Introdução à manutenção. 1989.

APÊNDICE A – Tabela FMEA (Análise de modo e efeito de falha)

Sistema	Componente	Modo potencial de falha	Efeito	S	Causa	O	Controle de detecção	D	NPR	Ação recomendada
Freios	Pastilha de freio	Atrito insuficiente com o disco	Veículo não freia	9	Falta de superfície de contato adequada	10	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	3	270	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, realizar trocas de acordo com o recomendado pelo plano, usar freio motor quando possível.
	Sapata de freio	Atrito insuficiente com o tambor	Perda da eficiência de frenagem	6	Falta de superfície de contato adequada	10	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	6	360	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, realizar trocas de acordo com o recomendado pelo plano, usar freio motor quando possível.
		Atrito insuficiente com o tambor	Veículo se movimenta com freio acionado	6	Falta de superfície de contato adequada	10	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	6	360	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, realizar trocas de acordo com o recomendado pelo plano, usar freio motor quando possível.
Suspensão e direção	Amortecedor dianteiro	Quebra	Perda da estabilidade	6	Impactos excessivamente intensos	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	4	144	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, verificar de acordo com o plano e evitar passagem rápida por grandes irregularidades.
		Vazamento	Perda de eficiência da estabilidade	6	Impactos excessivamente intensos	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	4	144	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, verificar de acordo com o plano.

	Feixes de mola	Quebra	Perda de eficiência da estabilidade	6	Impactos excessivamente intensos	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	4	144	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, verificar de acordo com o plano e evitar passagem rápida por grandes irregularidades.
	Caixa de direção	Vazamento	Enrijecimento da direção	9	Impacto com agentes externos**	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	6	324	Parar aos primeiros sinais de anomalia* e verificar nas manutenções periódicas.
Transmissão	Embreagem	Atrito insuficiente entre o motor e transmissão	Redução parcial do torque	7	Uso incorreto e excessivo do componente	8	Atenção aos sinais de anomalia*	3	168	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, realizar testes de funcionamento de acordo com o plano, não usar o pedal como apoio para os pés.
		Ausência de atrito entre o motor e transmissão	Redução total do torque	7	Uso incorreto e excessivo do componente	8	Atenção aos sinais de anomalia*	3	168	Parar aos primeiros sinais de anomalia*, realizar testes de funcionamento de acordo com o plano, não usar o pedal como apoio para os pés.
	Coifas	Rasgo	Perda da graxa	5	Impacto com agentes externos**	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	5	150	Parar aos primeiros sinais de anomalia* e verificar nas manutenções periódicas.
		Trincas	Contaminação dos componentes	5	Exposição a intempéries	6	Verificação periódica visual e atenção aos sinais de anomalia*	5	150	Parar aos primeiros sinais de anomalia* e verificar nas manutenções periódicas.
	Semieixo	Quebra	Falta de transmissão de movimento	8	Impactos excessivamente intensos	6	Atenção aos sinais de anomalia*	3	144	Parar aos primeiros sinais de anomalia*

		Desgaste nas engrenagens	Ruídos	8	Impactos excessivamente intensos	6	Atenção aos sinais de anomalia*	3	144	Parar aos primeiros sinais de anomalia*
--	--	--------------------------	--------	---	----------------------------------	---	---------------------------------	---	-----	---

*Sinais de anomalia: Excesso de ruído, vibração e temperatura, vazamentos e alteração de cor.

APÊNDICE B: Plano de manutenção

Quilometragem	5.000			10.000			15.000			20.000			25.000			30.000			35.000			40.000			45.000			50.000					
Recomendação	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I	T	L	I			
Óleo motor	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓		
Filtro de óleo motor				✓						✓						✓						✓						✓					
Filtro de ar condicionado				✓						✓						✓						✓						✓					
Filtro de ar do motor				✓						✓						✓						✓						✓					
Filtro do sedimentador (Diesel)				✓						✓						✓						✓						✓					
Embreagem							✓									✓									✓								
Pastilha de freio		✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓
Sapata de freio		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓
Óleo do diferencial dianteiro (4x4)						✓				✓					✓			✓			✓						✓						✓
Óleo do diferencial traseiro (4x4)						✓				✓					✓			✓			✓						✓						✓
Fluido de freio e embreagem			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓
Óleo de transmissão						✓				✓								✓						✓				✓					

APÊNDICE C: Plano de manutenção semanal

Plano de manutenção semanal		OS:
Data: ____/____/____	Placa:	
Componente	Atividade	
Óleo motor	Verificar nível do óleo do motor	✓
Filtro de ar do motor	Verificar estado do filtro de ar	✓
Filtro do sedimentador (Diesel)	Realizar drenagem da água do copo sedimentador	✓
Fluido de freio e embreagem	Verificar nível do óleo hidráulico	✓
Fluido da direção hidráulica	Verificar nível do fluido da direção hidráulica	✓
Correias	Verificar ressecamentos e trincas nas correias	✓
Líquido arrefecimento do motor	Verificar nível do fluido do radiador	✓
Freios	Verificar regulagem do cabo de freio de mão, verificar se há ruídos no sistema	✓
Suspensão	Verificar se as coifas não apresentam rasgos	✓
Equipamento geral	Lavar equipamento	✓
Assinatura do responsável		

ANEXO A - Critérios matriz de criticidade

Produção
Se o equipamento falhar, ficará mais de 24h em manutenção, provocará lucro cessante e custos induzidos (multas).
Se o equipamento falhar, ficará de 08h a 24h em manutenção, provocará lucro cessante e custos induzidos (multas).
Se o equipamento falhar, a corretiva pode ser feita em até 08 h
Se o equipamento falhar, a corretiva pode ser feita em até 04 h
CUSTO DE MANUTENÇÃO
Se o equipamento falhar e o custo de manutenção se elevar em mais de 30% em relação à preventiva de 10.000 km
Se o equipamento falhar e o custo de manutenção corretiva for maior de 20% do custo total de manutenção preventiva.
Se o equipamento falhar e o custo de manutenção corretiva for entre 10% e 15% do custo total de manutenção preventiva.
Se o equipamento falhar e o custo de manutenção corretiva for menor que 10% do custo total de manutenção preventiva.
SEGURANÇA
Se o equipamento falhar, provoca risco de morte e/ou causa danos graves ao meio ambiente.
Se o equipamento falhar, causa lesões corporais não permanentes.
Se o equipamento falhar, causa riscos controláveis à segurança e ao meio-ambiente
Se o equipamento falhar, não causa riscos à segurança e ao meio-ambiente.
CONFIABILIDADE
MTBF abaixo de 5.000 km
MTBF entre 5.000km e 10.000 km
MTBF entre 10.000km e 15.000 km
MTBF acima de 15.000 km
QUALIDADE
Caso o equipamento falhe, comprometerá a eficiência e dirigibilidade do veículo de forma irrecuperável.
Caso o equipamento falhe, comprometerá a dirigibilidade do veículo de forma irrecuperável.
Caso o equipamento falhe, comprometerá a eficiência do veículo de forma recuperável.
Caso o equipamento falha e não comprometa a eficiência do veículo
NOTA

0 a 55 = A (Alta criticidade)

56 a 161 = B (Média Criticidade)

162 a 243 = C (Baixa Criticidade)

Adaptado de: TELES, 2019

ANEXO B - Critérios FMEA

SEVERIDADE		
Efeito	Critério: gravidade do efeito	Nota
Perigoso sem aviso	<i>Pode por em risco máquina ou operador. Alta severidade que afeta segurança do veículo ou legislação. Falha ocorre sem aviso/sinal.</i>	10
Perigoso com aviso	<i>Pode por em risco máquina ou operador. Alta severidade que afeta segurança do veículo ou legislação. Falha ocorre com aviso/sinal.</i>	9
Muito alto	<i>Grande interrupção da linha de produção. Possibilidade de 100% do produto ser refugado. Veículo/item sem operação. Perda da função primária. Cliente muito insatisfeito.</i>	8
Alto	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Produção terá que ser inspecionada e parte (menos de 100% do produto) ser refugada. Veículo/item em operação, mas com desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.</i>	7
Moderado	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção (menos de 100% do produto) pode ser refugada. Veículo/item em operação, mas com algum item de conforto/conveniência inoperante. Cliente experimenta desconforto.</i>	6
Baixo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Possibilidade de 100% do produto ser retrabalhado. Veículo/item em operação, mas com algum item de conforto/conveniência em operação, mas com desempenho reduzido. Cliente experimenta alguma insatisfação.</i>	5

Muito baixo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Produção terá que ser inspecionada e parte (menos de 100% do produto) ser retrabalhado. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pela maioria dos clientes.</i>	4
Mínimo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção deverá ser retrabalhada na linha, mas fora da estação de trabalho. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pelo cliente mediano.</i>	3
Muito mínimo	<i>Interrupção da linha de produção de menor gravidade. Parte da produção deverá ser retrabalhada na estação de trabalho. Itens de acabamento não em conformidade. Defeito percebido pelo cliente mais detalhista.</i>	2
Nenhum	<i>Nenhum efeito.</i>	1

OCORRÊNCIA

Índice	Ocorrência	Proporção
1	<i>Remota: falha é improvável. Nunca houve falha com processos quase idênticos</i>	menor que 1 em 1.500.000
2	<i>Muito baixa: apenas casos isolados de falhas</i>	1 em 150.000
3	<i>Pequena: apenas casos isolados de falhas</i>	1 em 15.000
4	<i>Moderada: geralmente associada a processos similares que apresentam falhas ocasionais</i>	1 em 2.000
5		1 em 400
6		1 em 80
7	<i>Alta: geralmente associada a processos similares que apresentam falhas frequentes.</i>	1 em 20
8		1 em 8

9	<i>Muito alta: falha é quase inevitável.</i>	1 em 3
10		1 em 2

DETECÇÃO

Índice	Detecção	Critério
1	Muito grande	<i>Certamente será detectado.</i>
2		
3	Grande	<i>Grande probabilidade de ser detectado.</i>
4		
5	Moderada	<i>Provavelmente será detectado.</i>
6		
7	Pequena	<i>Provavelmente não será detectado.</i>
8		
9	Muito pequena	<i>Certamente não será detectado.</i>
10		

Adaptado de: TELES, 2019