



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EFEITOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA FROTA DE CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DE CARGAS PESADAS

FELIPE AUGUSTO BRITO DE LARA MENEZES
NATAL- RN, 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EFEITOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA FROTA DE CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DE CARGAS PESADAS

FELIPE AUGUSTO BRITO DE LARA MENEZES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico, orientado pelo Prof. Me. Igor Lopes de Andrade.

NATAL - RN
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EFEITOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA FROTA DE CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DE CARGAS PESADAS

FELIPE AUGUSTO BRITO DE LARA MENEZES

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Me. Igor Lopes de Andrade _____

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Orientador

Prof. Dr. João Carlos Arantes Costa
Júnior _____

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Avaliador Interno

Eng. José Ailton Nunes da Silva _____

Gerente Operacional da CRIL Ambiental - Avaliador Externo

NATAL, 25 de julho de 2022.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Menezes, Felipe Augusto Brito de Lara.

Efeitos da manutenção preventiva em uma frota de caminhões para transporte de cargas pesadas / Felipe Augusto Brito de Lara Menezes. - Natal, 2022.

56 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Natal, RN, 2022.

Orientador: Prof. Me. Igor Lopes de Andrade.

1. Engenharia Mecânica - TCC. 2. Manutenção Preventiva - TCC. 3. Indicadores da Manutenção - TCC. 4. Disponibilidade - TCC. 5. Confiabilidade - TCC. I. Andrade, Igor Lopes de. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 621

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser concluído sem a ajuda de diversas pessoas as quais presto minha homenagem:

Primeiramente, à Deus, por ser minha força, refúgio e caminho durante toda minha trajetória, me dando saúde nas melhores horas, tranquilidade em meio as minhas angústias, e me permitindo superar as dificuldades nos momentos em que mais necessitava.

Aos meus pais Neide e Tônico, por todo amor, incentivo e cuidado que sempre tiveram comigo. Agradeço por todo sacrifício feito e, apesar da distância, nunca deixarem de me dar carinho e acreditar em minha capacidade, mesmo quando eu mesmo não me sentia capaz.

Aos meus irmãos Tiago e Aluizio Neto, pelo apoio e ombro amigo que, mesmo quando não verbalizado, sempre foi repleto de amor.

À minha namorada Flávia, por estar ao meu lado em todos os meus momentos. Por me mostrar o caminho a seguir quando eu mesmo me sentia perdido. Agradeço por todas as palavras, carinho e amor que me acolhem e acalmam nas minhas dificuldades. Sem seu incentivo, esse trabalho com certeza não seria finalizado.

Aos meus padrinhos Ana Elizabete e Bráulio, por tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Agradeço pela acolhida e por me terem como mais um filho em suas vidas.

Aos meus tios Jose Leto e Fátima Cristina, por terem me acolhido e me recebido ainda nos meus primeiros passos. Sou eternamente grato.

Em memória, agradeço aos meus avôs Aluizio e Castanha e minha avó Titi, que sempre me apoiaram e incentivaram no estudo e nas minhas batalhas. Tenho certeza que me dão forças e celebram minhas conquistas onde quer que eu vá.

Às minhas avós Ivanilda e Deta, por todo amor e carinho que sempre me deram, seus sorrisos e abraços acolhedores me fortalecem.

Aos demais familiares, por todo apoio e suporte, por sempre estarem dispostos a estender a mão.

Aos amigos desde o tempo do IFRN, Dickson, Luan, Laiane, Wiliany, Gabriel, Rose, Atarcilene, Andreza, Nicholy e Lissia. Muito obrigado pelas alegrias, pelo apoio e por todos os momentos únicos que só vocês conseguem proporcionar, moldando minhas atitudes, ações e o homem que hoje sou. Vocês foram e ainda são peças fundamentais de minha vida.

Aos amigos da Solidus, Heitor, Márcio, Wesley, Daniel, Guto, Gabi Lobato, Chico, Felipe Fernandes, Guilherme, Maria, Erika, Janary, Luís, Hugo, Pietro e Rafael, por terem sido responsáveis por imenso aprendizado e crescimento profissional em minha vida.

Aos amigos da Pastoral da Crisma do IFRN, Rafaela, Matheus, Marianne, Gabriel, Priscila, Iolanda, Luana e Kadja, pelos momentos mais abertos, sinceros e de confissões. Como sempre disse e volto a repetir, sou grato a Deus por conhecer vocês

Aos amigos Aguiberto e Renato, pelas boas risadas, conversas e por sempre estarem dispostos a se fazerem presentes.

Aos amigos da graduação, Cleyton, João Vitor, Lucas Damasceno e Eloi, por partilharem comigo das correrias e alegrias do período na universidade.

Aos amigos da CRIL, George, Wenzel, Geiderson e João Vitor, por tornarem do trabalho um ambiente mais alegre e divertido.

À CRIL Ambiental, pela abertura e por ser ambiente de tamanho crescimento em minha vida profissional. Agradecimento especial a Raphael, Elson, Alex, Hudson, Mateus e Ailton, pelos ensinamentos, dúvidas tiradas e pela paciência que sempre tiveram comigo. Aos colegas da manutenção Gerson, Edson e Joselino, por contribuírem ativamente com os resultados obtidos em nosso trabalho. Aos motoristas e todos os envolvidos que contribuíram durante meu estágio meu muito obrigado.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, por ter sido ponto de virada em minha vida, oferecendo ensino de qualidade e acima de tudo porta para o mundo maior que hoje consigo enxergar. Agradeço à Escola de Ciências e Tecnologia, minha primeira casa nessa instituição, e ao Centro de Tecnologia, por todo suporte e infraestrutura que me forneceram ao longo de todos esses anos.

Aos mestres professores que colecionei em toda minha vida acadêmica, desde o IFRN até a UFRN, por seus ensinamentos e por suas lições das quais, tenho certeza, jamais esquecerei. Agradecimento especial aos professores Ângelo Roncalli, Gabriel Medina, João Carlos e Luiz Pedro, pela excelência e por me mostrarem as diferentes faces que constroem um grande engenheiro.

Ao professor e orientador Igor, pelo apoio, paciência, abertura e disponibilidade de me auxiliar na elaboração desse estudo. Agradeço pelo incentivo e pela falta de julgamento mesmo em minhas oscilações.

Menezes, F. A. B. L. **Efeitos da manutenção preventiva em uma frota de caminhões para transporte de cargas pesadas**. 2022. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022.

Resumo

À medida que a busca por máquinas mais sofisticadas cresceu, aumentou também a exigência pela disponibilidade dos mesmos, levando as empresas a um uso mais racional e produtivo dos bens de produção. Para o avanço de produtividade aliado à qualidade, a manutenção é um fator essencial, de forma que o seu papel nas grandes empresas é cada vez mais relevante. A manutenção preventiva possui papel de destaque, sendo responsável por evitar as falhas antes que as mesmas ocorram, garantindo assim produtividade e gerando economia às empresas. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos e efeitos da manutenção preventiva quanto à produtividade e eficiência de manutenção em uma frota veicular para transporte de cargas pesadas da CRIL Ambiental, através de indicadores de taxa de falhas, disponibilidade e confiabilidade. A metodologia da pesquisa é comparativa, com adoção de dois cenários a serem caracterizados e analisados: o primeiro, sem controle de manutenção preventiva e o segundo, após o controle ser efetuado. A comparação foi efetuada a partir de implantação de ferramentas de manutenção, criação de banco de dados para tratamentos das informações obtidas e o posterior cálculo dos índices de tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo, disponibilidade e confiabilidade. Com redução de 47,11% do tempo médio de reparo e 21,47% na taxa de falhas, além de aumento da disponibilidade da frota veicular em 34,69%, os resultados obtidos apontam uma melhora significativa do cenário inicial após implantação da manutenção preventiva.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva, Indicadores da Manutenção, Disponibilidade, Confiabilidade.

Menezes, F. A. B. L. **Effects of preventive maintenance on a fleet of trucks for heavy loads transport.** 2022. 56 p. Conclusion work project (Graduate in Mechanical Engineering) - Federal University of Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022.

Abstract

As the demand for more sophisticated machinery has grown, so has the demand for their availability, leading companies to a more rational and productive use of production assets. In order to advance productivity with quality, maintenance is an essential factor, so that its role in large organizations is becoming more relevant every day. Preventive maintenance has a leading role, being responsible for preventing failures before they occur, ensuring productivity and providing savings to companies. This work aims to analyze the impacts and effects of preventive maintenance on productivity and maintenance efficiency in a vehicle fleet for heavy cargo transportation of CRIL Ambiental, through indicators of failure rate, availability and reliability. The research methodology is comparative, with the adoption of two scenarios to be characterized and analyzed: the first, without preventive maintenance control, and the second, after the control is applied. The comparison was made by implementing maintenance tools, creating a database for processing the information obtained, and then calculate the mean time between failures, mean time to repair, availability, and reliability indicators. With a 47.11% reduction in the mean time to repair and a 21.47% reduction in the failure rate, in addition to a 34.69% increase in the availability of the vehicle fleet, the results obtained demonstrate a significant improvement in the initial scenario after the implementation of preventive maintenance.

Keywords: Preventive Maintenance, Maintenance Indicators, Availability, Reliability.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Evolução da manutenção com o passar do tempo _____	5
Figura 2 – Defeito, falha e pane com relação ao tempo _____	6
Figura 3 – Tipos de manutenção _____	7
Figura 4 – Custos da Manutenção Corretiva _____	9
Figura 5 – Técnicas de Manutenção Preditiva _____	11
Figura 6 – Modelo de cabeçalho para Ordem de Serviço em organizações _____	12
Figura 7 – Fluxograma para obtenção de indicadores da manutenção _____	14
Figura 8 – Relação Confiabilidade x Custos de produção e manutenção _____	17
Figura 9 – Fachada da sede administrativa da CRIL Ambiental em Natal/RN _____	19
Figura 10 – Tagueamento de veículos _____	20
Figura 11 – Caminhão Baú _____	21
Figura 12 – Caminhões Poli-guindaste e Roll On-Roll Off _____	22
Figura 13 – Caminhão sugador _____	22
Figura 14 – Banco de dados com controle de ordens de serviço _____	24
Figura 15 – Distribuição dos tipos de manutenção no cenário pré-preventiva _____	26
Figura 16 – Número de horas trabalhadas pela frota veicular _____	27
Figura 17 – Indicadores de desempenho da manutenção no cenário pré-preventiva _____	27
Figura 18 – MTBF da frota veicular antes e após preventiva _____	29
Figura 19 – MTTR da frota veicular antes e após preventiva _____	29
Figura 20 – Disponibilidade da frota veicular antes e após preventiva _____	30
Figura 21 – Confiabilidade da frota veicular antes e após preventiva _____	30
Figura 22 – Ocorrências de manutenção _____	31
Figura 23 – Distribuição dos tipos de manutenção realizados _____	32
Figura 24 – MTBF da frota veicular ao longo do tempo _____	32
Figura 25 – MTTR da frota veicular ao longo do tempo _____	33

Figura 26 – Índice de disponibilidade da frota veicular _____	34
Figura 27 – Taxa de falhas da frota veicular _____	34
Figura 28 – Índice de confiabilidade da frota veicular _____	35
Figura 29 – Indicadores de desempenho antes e após a manutenção preventiva _____	36
Figura 30 – Disponibilidade dos principais veículos antes e após preventiva _____	36
Figura 31 – Confiabilidade de equipamentos antes e após controle da preventiva _____	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tipos de manutenção e sua atuação em um equipamento _____	7
Tabela 2 – Horas trabalhadas pela frota veicular _____	19
Tabela 3 – Divisão de veículos conforme grupos de operação _____	22
Tabela 4 – Número de ocorrências realizadas por tipo de manutenção _____	26

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de Ilustrações	v
Lista de Tabelas	vii
Sumário	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo Geral	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. O CONCEITO DE MANUTENÇÃO	3
2.2. HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	3
2.3. DEFEITO, FALHA E PANE	5
2.4. TIPOS DE MANUTENÇÃO	6
2.4.1. Manutenção Corretiva	7
2.4.1.1. Manutenção Corretiva Emergencial	8
2.4.1.2. Manutenção Corretiva Planejada	8
2.4.2. Manutenção Preventiva	9
2.4.3. Manutenção Preditiva	10
2.5. ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO	11
2.5.1. Ordem de Serviço (O.S.)	11
2.5.2. Tagueamento	12
2.5.3. Banco de Dados	12
2.5.4. Plano de Manutenção	13
2.6. INDICADORES DA MANUTENÇÃO	13
2.6.1. Distribuição do Tipo de Manutenção	14
2.6.2. MTBF	15
2.6.3. MTTR	15
2.6.4. Disponibilidade	16
2.6.5. Confiabilidade	16

3. METODOLOGIA	18
3.1. ESTUDO DE CASO	18
3.1.1. Identificação da empresa	18
3.1.2. Frota veicular	19
3.2. ETAPAS PARA CONTROLE DA MANUTENÇÃO	20
3.2.1. Cadastro e divisão dos ativos	20
3.2.2. Criação de ordem de serviço	23
3.2.3. Criação de banco de dados	23
3.2.4. Planejamento e treinamentos	24
3.2.5. Definição de indicadores	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1. CENÁRIO INICIAL: PRÉ-CONTROLE DE PREVENTIVA	26
4.2. CENÁRIO FINAL: PÓS-CONTROLE DE PREVENTIVA	28
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS	39
7. ANEXOS	41
ANEXO A – Relação de equipamentos da frota veicular	41
ANEXO B – Banco de dados das horas trabalhadas	42
ANEXO C – Dados de manutenção – Jun/21 a Mai/22	43
ANEXO D – Modelo de ordem de serviço implantado	44

1 INTRODUÇÃO

Desde o advento da Revolução Industrial, a sociedade humana se agigantou, onde o avanço em tecnologia provocou mudanças cada vez mais significativas no dia-a-dia, com máquinas e equipamentos de utilização, até então industrial, tornando-se cada vez mais comerciais, como o telefone e os equipamentos laser. Contudo, à medida que estes bens e equipamentos se tornam comercializáveis, podem se tornar obsoletos em pouco tempo. Esta presença de equipamentos mais sofisticados fez com que a exigência pela disponibilidade dos mesmos crescesse significativamente, sendo necessário para as grandes empresas a utilização racional e produtiva dos bens de produção (VIANA, 2014).

Para que seja possível um avanço da produtividade aliado à qualidade, a manutenção é um fator essencial nas empresas. Porém, segundo Teles (2019), cerca de 69% das empresas brasileiras aplicam apenas a manutenção corretiva em seus ativos, ou seja, somente após uma falha ocorrer. Apesar da manutenção ser lembrada apenas quando as falhas ocorrem, mais especificamente quando um equipamento tem seu funcionamento interrompido e causa prejuízos financeiros, a manutenção sempre terá um papel essencial na produtividade das indústrias (MOBLEY, 2014).

Para grande parte das empresas fadadas ao fracasso, a manutenção é enxergada como um setor que gera gastos, sem a cultura de incentivo e a visão de que o setor apresenta retornos quanto à confiabilidade e disponibilidade de seus equipamentos (TELES, 2019).

Segundo Kardec & Nascif (2009), a gestão de negócios moderna deve ter uma visão de futuro voltada à satisfação plena de seus clientes e qualidade intrínseca a seus produtos e serviços, de forma que, nessa visão, a manutenção exista para não mais existir manutenção, isto é, possuir manutenção de qualidade para evitar falhas e não para corrigi-las.

Desta forma, este estudo visa analisar os efeitos da implantação da manutenção preventiva no que diz respeito à produtividade e eficiência das ações mantenedoras de uma frota veicular destinada à transporte de cargas pesadas da CRIL Ambiental, empresa que atua no tratamento e destinação final de resíduos das mais variadas naturezas.

A pesquisa está dividida em cinco partes, sendo esta primeira dedicada às considerações iniciais do estudo, apresentando o tema trabalhado, a problemática que levou à sua realização, e os objetivos que esperam serem atingidos. A segunda parte traz uma revisão bibliográfica que abrange diferentes conceitos e definições da literatura sobre o tema. Na terceira parte, o estudo trata sobre a metodologia utilizada para obter as metas definidas, bem como realiza uma apresentação sobre a empresa que serviu como objeto de estudo. Na sequência, são discutidos os resultados do estudo, de forma a serem debatida através de análises e discussões. Por fim, são

apresentadas as conclusões do estudo, com proposições e contribuições a serem oferecidas às empresas que se adequam ao escopo do trabalho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os impactos e efeitos da manutenção preventiva quanto à produtividade e eficiência da manutenção em uma frota veicular para transporte de cargas pesadas, através de comparação entre dois cenários: antes e após controle de manutenção preventiva. A análise será realizada por meio de indicadores da manutenção, tais como: confiabilidade, disponibilidade e taxa de falhas.

1.1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja atingido, devem ser atingidos os seguintes objetivos específicos:

1. Análise da situação anterior à instalação e controle da manutenção preventiva na frota veicular;
2. Cálculo dos índices de distribuição de tipos de manutenção, confiabilidade, disponibilidade e taxa de falhas na frota veicular nos cenários analisados;
3. Avaliação comparativa entre a realidade com adoção de manutenção preventiva e a anterior, com apresentação dos ganhos e/ou perdas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Monchy (1989) observa que o emprego do termo manutenção tem origem no ambiente militar, onde o sentido da palavra reportava a manter as unidades de combate, seu material e efetivo, constantemente, em um bom nível.

Um conceito mais técnico da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade), define que manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

Para Bertsche (2008), manutenção consiste de métodos para determinação e avaliação da situação atual, bem como para a preservação e o restabelecimento da condição nominal das instalações, máquinas e componentes.

Além disso, Xenos (1998) explica que as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, seja por seu desgaste natural ou por sua utilização numa cadeia produtiva. Esta degradação pode se manifestar na aparência ruim dos equipamentos, perdas de desempenho e paradas da produção, ocasionando em má qualidade e baixa produtividade.

Nesse contexto, Kardec e Nascif (2009) complementam que a missão da manutenção é de “garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou de serviço com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.”

2.2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A manutenção está presente na história humana há eras, desde o momento em que os homens começaram a manusear instrumentos de produção. Com o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agigantar, no que diz respeito a capacidade de produzir bens de consumo (VIANA, 2014).

No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos. Até 1914, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação (TAVARES, 2000). Segundo Kardec e Nascif (2009) a partir de 1930, a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações. No mesmo sentido, Teles (2019) afirma que o setor de manutenção atravessou quatro grandes revoluções, sendo as mesmas conhecidas como “gerações da manutenção”. Na primeira geração, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados. Devido à conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária; apenas serviços de limpeza e lubrificação eram sistematizados e os reparos sempre ocorriam após a quebra, ou

seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva não planejada (Kardec e Nascif, 2009). Teles (2019) sintetiza a primeira geração ao dizer que, até meados de 1945, realizar manutenção era apenas o ato de consertar um equipamento que estava avariado.

Após o período da Segunda Guerra Mundial, a economia global estava aquecida e a competitividade das indústrias crescia a passos largos. Esse cenário levou à percepção que não era mais aceitável e economicamente viável deixar os equipamentos quebrarem. Surgia ali, a Manutenção Preventiva (TELES, 2019). Kardec e Nascif (2009) apontam também que na segunda geração o custo da manutenção começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que são parte integrante da manutenção moderna.

Na sequência da evolução da manutenção, Teles (2019) diz que com a chegada da Terceira Revolução Industrial por volta de 1969, a Tecnologia da Informação invadiu a indústria. Nesse mesmo período, a manutenção também começou a se beneficiar da tecnologia e se popularizou a Manutenção Preditiva. As técnicas de inspeções instrumentadas começaram a ser de grande valia e importância no momento de se inspecionar um equipamento e descobrir falhas ainda em estágio inicial.

Siqueira (2009) observa que com a automação das máquinas, aumentou também a probabilidade de ocorrências de falhas e defeitos, em razão das novas tecnologias que surgiram.

Ao final do século XX, com as exigências de aumento da qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos em grau de importância equivalente ao que já vinha sendo praticado na operação (TAVARES, 2000).

Para Teles (2019), o próximo ponto de virada da manutenção aconteceu junto com a virada do século XX para o século XXI. Em meados dos anos 2000, iniciava a Quarta Geração da Manutenção. Com ela, a proposta que o trabalho de garantir a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos se inicia antes do equipamento nascer, ainda na fase de projeto. Nesse sentido, a manutenção passa a ser também parte da estratégia das empresas.

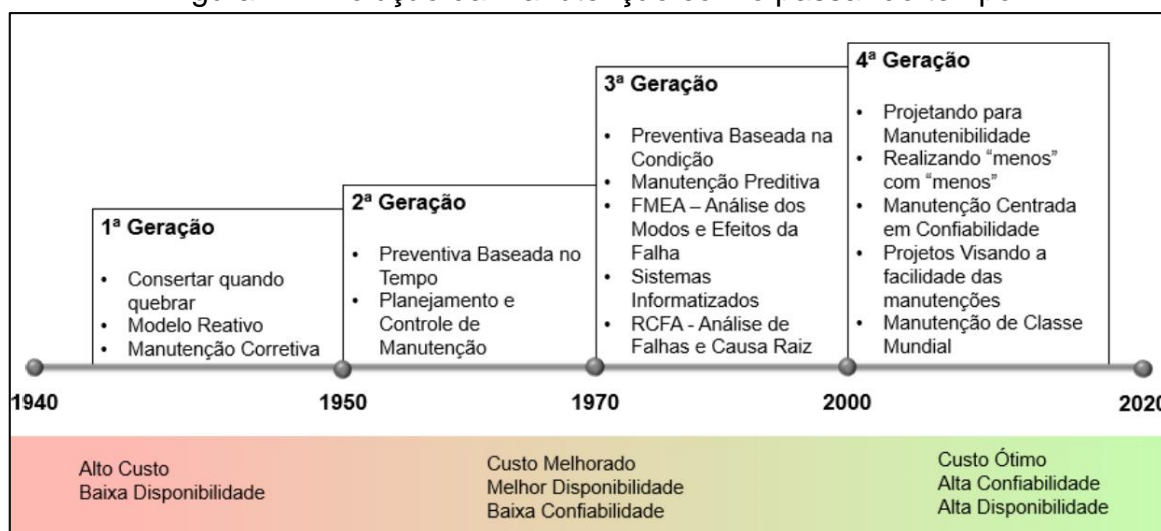
Tavares (2000), complementa que na quarta geração os profissionais de manutenção passaram a ser mais exigidos, de forma que suas tarefas resultem em impactos diretos ou indiretos no produto ou serviços que a empresa oferece a seus clientes.

São encontrados na literatura também visões com o surgimento de novas gerações, com visões que chegam a dividir a manutenção em até seis gerações.

Contudo, o que se observa são mesclas de conceitos, onde até a atualidade o conceito de quatro gerações prevalece entre os estudiosos do setor.

A figura 1 expõe as características de cada geração da manutenção com o passar do tempo, com filosofias predominantes e com as técnicas que surgiram com o passar do tempo e desenvolvimento do setor.

Figura 1 - Evolução da manutenção com o passar do tempo



Fonte: Teles (2019)

2.3 DEFEITO, FALHA E PANE

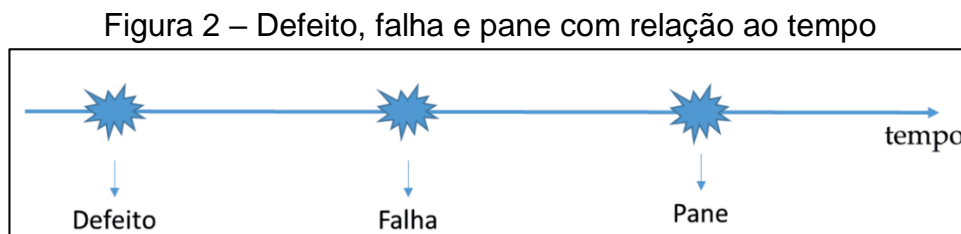
Para a melhor compreensão do que é manutenção e como a mesma atua em diferentes estágios de uma operação fabril, deve-se também entender a diferença entre defeito, falha e pane.

Segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994), um defeito é “qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos”, de forma que “um defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida.”

A falha, por sua vez, é o “término da capacidade de um item desempenhar a função requerida”. Por fim, pane é definida como um estado consequente de incapacidade completa do equipamento, sendo “geralmente o resultado de uma falha” (ABNT, 1994).

Segundo Viana (2020), “muitas empresas adotam o início da manutenção corretiva como o surgimento da “Pane”. A mesma consiste na evolução da falha acarretando a parada total do equipamento, que leva o mesmo a não atender nenhuma das suas funções requeridas.”

Ainda segundo Viana (2020), os conceitos de defeito, falha e pane podem ser melhor compreendidos se enxergados através de uma linha do tempo, onde o estado do equipamento progride de acordo com o atendimento de suas funções, conforme apresentado na figura 2.



Fonte: Viana (2020)

No primeiro estado de anormalidade da Figura 2, é observado um defeito, uma anomalia que não afeta diretamente o atendimento das funções requeridas pelo equipamento. Posteriormente, ocorre a falha, uma anomalia que afeta as funções requeridas do equipamento e, embora não interrompa por completo o seu funcionamento, já confere ao mesmo um estado de confiabilidade (VIANA, 2020).

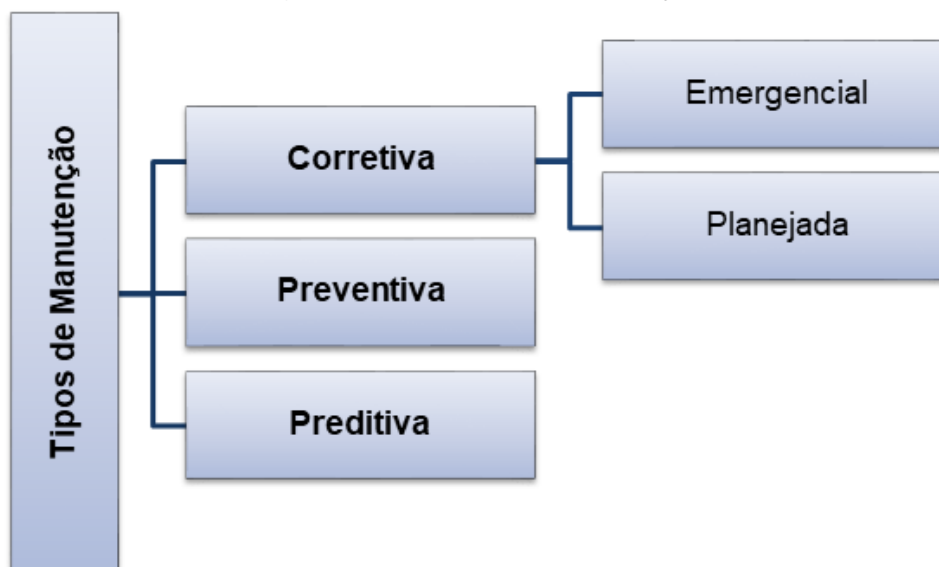
2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

As distintas maneiras e estágios em que a manutenção atuam em um equipamento estão diretamente relacionados com o estado do mesmo quanto à sua funcionalidade, por exemplo, a manutenção pode ser atuante antes do surgimento de um defeito, como também pode ser posterior a uma pane.

Para a maior parte dos autores da literatura, assim como para a NBR 5462/1994 (ABNT, 1994), a manutenção é dividida em três tipos principais: corretiva, preventiva e preditiva. Viana (2020), porém, reconhece a existência de mais variações, sendo essas menos relevantes, dos tipos de manutenção, como a manutenção autônoma (TPM) e a confiabilidade de ativos.

A figura 3 ilustra os tipos de manutenção a serem abordados neste estudo, com a manutenção corretiva sendo dividida em manutenção corretiva emergencial, ou não-programada, e manutenção corretiva planejada (SIQUEIRA, 2009; KARDEC e NASCIF, 2009; TELES, 2019).

Figura 3 – Tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado de Germano (2018)

De forma sucinta, a tabela 1 apresenta as principais características dos diferentes tipos de manutenção com relação à estratégia adotada na atuação em equipamentos e os objetivos a serem alcançados.

Tabela 1 – Tipos de manutenção e sua atuação em um equipamento

TIPO DE MANUTENÇÃO	ESTRATÉGIA DE ATUAÇÃO	OBJETIVO
Corretiva Emergencial	Realizada sem planejamento após uma perda de funcionalidade do equipamento (falha e/ou pane).	Retomar funcionalidade de um equipamento em falha e/ou pane.
Corretiva Planejada	Realizada com planejamento de forma mais conveniente após uma falha.	Evitar a evolução de um defeito e/ou falha até a parada completa do equipamento (pane).
Preventiva	Efetuada em intervalos predeterminados em plano de manutenção.	Reduzir a probabilidade de ocorrências de falhas em um equipamento.
Preditiva	Acompanhamento e monitoramento constante de equipamento, baseado em parâmetros de qualidade.	Sanar defeitos em estágios iniciais antes de se tornarem falhas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

2.4.1 Manutenção Corretiva

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994), manutenção corretiva é a “efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.”

Kardec e Nascif (2009) complementam que ao atuar em um equipamento que trabalha com defeito ou com desempenho diferente do esperado, está sendo feita manutenção corretiva. Dessa forma, a manutenção corretiva não é, necessariamente, emergencial.

Já Viana (2020) apresenta uma pequena distinção quanto a essa definição, afirmando que o surgimento da “falha” é o divisor de águas entre a manutenção corretiva e preventiva. Todas as ações de manutenção após o surgimento da falha são corretivas.

A manutenção corretiva é a que acarreta em maior custo financeiro e de tempo útil parado do equipamento. Para a ocorrência da intervenção corretiva é preciso que o dispositivo apresente algum defeito, falha ou até a pane. Não necessariamente a empresa deve agir previamente, por isso a manutenção corretiva é dividida em dois grupos. (NETO, 2021)

2.4.1.1 Manutenção Corretiva Emergencial

Como o próprio nome sugere, a Manutenção Corretiva Emergencial é aquela que é realizada após a pane do equipamento e por esse motivo, o equipamento deve ser reparado em caráter de urgência para evitar perda do lucro cessante, isto é, o lucro que a empresa deixa de obter com a parada do equipamento. (TELES, 2019).

Viana (2020) complementa que na manutenção corretiva emergencial, mobiliza-se as equipes de pronto atendimento existentes na empresa, buscando-se soluções a curtíssimo prazo para recolocar o ativo em condições para o atendimento das suas funções requeridas.

A intervenção nesse tipo de manutenção acontece sem planejamento prévio e é mais custosa, pois está ligada além do lucro cessante a: compras emergenciais, danos auxiliares a outros equipamentos e ao investimento de tempo da mão-de-obra. (TELES, 2019; NETO, 2021).

Quando a maior parte da manutenção de uma empresa é do tipo corretiva emergencial, o setor de manutenção é comandado pelos equipamentos (ou pelas falhas) e o desempenho empresarial da organização certamente não é competitivo no mercado (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.4.1.2 Manutenção Corretiva Planejada

A Manutenção Corretiva Planejada é aquela realizada para eliminar o defeito antes que ele evolua para uma falha, ou até mesmo uma pane. Se o defeito não trazer risco à segurança ou problemas de qualidade, ela pode ser programada para que seja sanada em momento adequado à organização (TELES, 2019).

Viana (2020) complementa que a manutenção corretiva planejada pressupõe o conhecimento prévio da existência do defeito, falha ou pane, seja por inspeção,

monitoramento ou pelos efeitos nítidos no equipamento. Além disso, apesar de o ideal ser a solução imediata, a mesma pode ser postergada a fim de evitar os custos associados a uma correção emergencial, conforme exposto anteriormente.

A figura 4 apresenta a relação de custos da manutenção corretiva quanto ao tempo de operação e performance do equipamento, onde o defeito, apresentado no gráfico como a falha potencial “P” é identificado ainda sem afetar as funcionalidades do equipamento e sem maiores custos para reparo. Ao planejar a ação de manutenção para um momento mais conveniente, antes do defeito evoluir para uma falha, há uma economia no custo de reparo em relação à manutenção corretiva emergencial.

Figura 4 – Custos da Manutenção Corretiva



Fonte: Teles (2019)

Apesar do alto custo e de evitar-se ao máximo a utilização da manutenção corretiva, a mesma pode ser utilizada em situações onde os equipamentos em pane comprometem a produção e a qualidade de uma empresa; causam problemas à segurança e ao meio ambiente; possuem o custo de reparo menor que 10% do custo mensal de manutenção e; dispõem de equipamentos reservas para suprir a ausência (TELES, 2019).

2.4.2 Manutenção Preventiva

Para Viana (2020) e Filho (2008), a manutenção preventiva é todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando em condições operacionais ou com defeitos que não afetam o atendimento a nenhuma das suas funções requeridas.

A NBR 5462 (ABNT, 1994) por sua vez, relaciona a manutenção preventiva ao estabelecimento de períodos para a realização das ações mantenedoras, ao definir manutenção preventiva como a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. ”

A manutenção preventiva é o coração das atividades da manutenção, de forma a envolver atividades sistemáticas como inspeções e reformas e trocas de peças. Através da manutenção preventiva, diminuem-se as ocorrências de falhas e as interrupções inesperadas, ao passo que a disponibilidade dos equipamentos aumenta (XENOS, 1998).

Diversos autores apresentam a manutenção preventiva como obedecendo a intervalos de tempo e critérios específicos (KARDEC e NASCIF, 2009; XENOS, 1998; VIANA, 2014). Teles, (2019), reforça que além do tempo, outros “gatilhos” podem ser utilizados para o intervalo entre as ações, como as horas trabalhadas do equipamento e a produtividade.

Almeida (2014) apresenta alguns dos resultados obtidos através do início da adoção da manutenção preventiva em uma organização:

- Evita a ociosidade e cria ritmos de trabalho que evitam excesso ou falta de mão de obra.
- Evita o excesso ou escassez de material no almoxarifado, reduzindo o tempo de espera para realização da manutenção preventiva.
- Aumenta a confiabilidade das máquinas garantindo um sistema produtivo mais eficaz.
- Aumento da satisfação do cliente por cumprimento de prazos e qualidade no sistema produtivo.

Apesar dos benefícios obtidos com a diminuição das falhas, Teles (2019) ainda destaca que a manutenção preventiva não possui o melhor custo-benefício entre os tipos de manutenção mais comuns nas organizações, sendo até 3 vezes mais onerosa que a manutenção preditiva. Almeida (2014), complementa que para os melhores resultados, a manutenção preventiva requer almoxarifado enxuto e o mais eficiente possível, com objetivo de reduzir os custos relacionados.

2.4.3 Manutenção Preditiva

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

Viana (2020) diz que a manutenção preditiva busca prever através de medições e ensaios a proximidade de ocorrência de uma falha, bem como a existência de um defeito até então imperceptível. O objetivo da manutenção preditiva é determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora, utilizando o componente até o máximo de sua vida útil.

Filho (2008) complementa que a manutenção preditiva consiste de todas as técnicas e ações que não interfiram diretamente na operação de um equipamento ou

de um sistema. As quatro técnicas preditivas mais utilizadas nas indústrias nacionais estão são: análise de vibrações mecânicas, ensaio por ultrassom, termografia e análise de óleos lubrificantes (ver figura 5).

Figura 5 - Técnicas de manutenção preditiva



Fonte: Teles (2019)

A manutenção preditiva se baseia em dois pilares. O primeiro é o diagnóstico, etapa onde são detectadas as irregularidades, e expressas por meio de diagnóstico quanto à origem e gravidade da não conformidade encontrada. O segundo é a análise da tendência da falha, etapa que consiste em localizar a falha no seu estado inicial e programar quando será realizada a correção (TELES, 2019; NETO, 2021).

2.5 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Nesta seção, serão abordados alguns dos conceitos e instrumentos aplicados na de gestão e organização da manutenção nas organizações. Essas ferramentas são utilizadas a fim de garantir melhor controle e gerenciamento na execução das atividades mantenedoras, ao passo que se obtém qualidade, custo-benefício e segurança.

2.5.1 Ordem de Serviço (O.S.)


A ordem de serviço (O.S.) é a instrução escrita e expressa por meio de documento eletrônico ou físico para a execução de uma ação mantenedora (VIANA, 2014). Após atender uma solicitação, geralmente por parte do operador do equipamento, o setor de manutenção realiza abertura da O.S. para autorização e execução da atividade.

A O.S., após aberta, passa por um ciclo de vida, apontado por Viana (2014) como o nascimento e encerramento da mesma. A O.S., dentro da organização pode se caracterizar como:

- Não iniciada: quando aguarda autorização para início da execução;
- Programada: quando é definido o início da execução;
- Iniciada: a ordem que já foi programada e autorizada, com execução em andamento;
- Suspensa: quando requer ação externa que impede continuidade da execução de trabalho;
- Encerrada: quando a execução do trabalho é completada.

Viana (2014) ainda complementa que os elementos essenciais a serem apresentados no documento, seja ele físico ou virtual, são: número da ordem de serviço, identificação do equipamento, centro de custo, tipo de manutenção a ser executada, equipe mantenedora responsável e data de execução. A figura 6 apresenta um modelo de cabeçalho da ordem de serviço.

Figura 6 – Modelo de cabeçalho para Ordem de Serviço em organizações

 ORDEM DE SERVIÇO			
SOLICITANTE:	KM:	Nº OS: /22	UNIDADE
PLACA:	PEÇA/EQUIP. CONSERTADO:	TIPO DE MANUTENÇÃO: () PREVENTIVA () CORRETIVA	

Fonte: Elaborado pelo autor

A importância da Ordem de Serviço nas organizações é cada vez maior, uma vez que a base dos indicadores da manutenção está nas informações contidas em cada O.S., tornando o documento uma importante ferramenta gerencial e estratégica (VIANA, 2014).

2.5.2 Tagueamento

A palavra *tag* significa “etiqueta de identificação”, e o termo tagueamento, nas indústrias, representa a identificação da localização das áreas operacionais e de seus equipamentos (VIANA, 2014).

O Tagueamento dos equipamentos consiste em criar um código único e lógico para cada equipamento da linha de produção, e identificá-lo fisicamente através de uma etiqueta, como se fosse um CPF. Essa ação se faz necessária para garantia de segurança e rastreabilidade dos serviços de manutenção realizados (TELES, 2019).

A partir da organização de um tagueamento estruturado, o planejamento e a programação da manutenção são realizados de forma mais rápida e racional, permitindo a obtenção de indicadores individualizados a um equipamento através de sua tag, como por exemplo, número de quebras, disponibilidade, custos, etc. (VIANA, 2014).

2.5.3 Banco de Dados

Um banco de dados é uma estrutura organizada com coleção de informações e, como o próprio nome diz, dados sobre um determinado domínio. Para Viana (2014), o banco de dados na manutenção é o conjunto de informações referentes a ações mantenedoras, colaboradores, serviços, eventos e ocorrências.

O conjunto de informações do banco de dados são obtidos a partir das emissões das O.S. por parte dos colaboradores de uma organização, de forma a fornecer base para a geração de indicadores. Geralmente, o conjunto de dados é arquivado em uma planilha digital, onde o acesso e possibilidade de exportação de informações é facilitado.

2.5.4 Plano de Manutenção

O Plano de Manutenção é instrumento da manutenção preventiva que visa a redução da probabilidade de falhas relacionados ao tempo de vida útil ou produtividade de um equipamento. É um documento que busca condicionar ações mantenedoras em intervalo predeterminado de forma a evitar a probabilidade de ocorrência de falhas e, conseqüentemente, de pane (TELES, 2019).

O objetivo do plano de manutenção é de aumentar a produtividade e a confiabilidade do equipamento, bem como de diminuir o número de intervenções e custos das manutenções corretivas emergenciais.

Teles (2019) define três pilares para o ingresso de uma ação mantenedora em um plano de manutenção, são eles:

1. Redução da ocorrência de falhas;
2. Redução da gravidade do efeito da falha (em caso de ocorrência);
3. Aumento da chance de detecção de falhas e defeito em estágios iniciais.

2.6 INDICADORES DA MANUTENÇÃO

Kardec e Nascif (2009) definem um indicador, ou índice, da manutenção como um conjunto específico de dados numéricos estabelecidos sobre processos que se deseja controlar. Teles (2019) complementa que o controle da manutenção é feito através da criação e gestão dos indicadores, que são base para tomada de decisões e estratégias.

Segundo Germano (2018), ao utilizar indicadores de manutenção, busca-se:

- Otimizar o tempo de manutenção;
- Criar histórico das atividades de manutenção;
- Visualizar a frequência de quebra de um equipamento;
- Maior probabilidade que o equipamento esteja disponível;
- Redução de custos com manutenção;

O grande número de indicadores de manutenção já pré-estabelecidos nas organizações torna o trabalho de acompanhamento da manutenção mais palpável, Teles (2019), porém, deixa claro que é melhor a utilização de poucos indicadores desde que bem monitorados. Viana (2014) afirma que a regra é simples: acompanhar aquilo que agrega valor, sem despender recursos na busca de informações sem utilidade.

Para a implantação de qualquer indicador, é necessário, que se tenha uma sistemática para coleta e tratativa dos dados (TELES, 2019). A figura 7 apresenta um fluxograma para geração de indicadores no setor de manutenção de uma empresa, iniciando com a realização da ação mantenedora, a coleta de dados por meio das ordens de serviço emitidas e o posterior tratamento no banco de dados em planilha eletrônica ou software, gerando os índices desejados.

Figura 7 – Fluxograma para obtenção de indicadores da manutenção



Fonte: Teles (2019)

Viana (2014) aponta a existência de seis indicadores chamados de "Índices de Classe Mundial" presentes na maioria dos países ocidentais. São eles:

1. MTBF – Tempo Médio Entre Falhas;
2. MTTR – Tempo Médio de reparo;
3. MTTF – Tempo Médio Para Falha;
4. Disponibilidades Física dos Equipamentos;
5. Custo de Manutenção por Faturamento;
6. Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Os indicadores utilizados durante a elaboração deste estudo serão apresentados ao longo das próximas seções, onde será realizada a conceituação de acordo com a literatura, bem como serão expostas as equações utilizadas para obtenção dos mesmos.

2.6.1 Distribuição do Tipo de Manutenção

Segundo Teles (2019), a distribuição do tipo de manutenção é um indicador que revela qual o percentual da aplicação de cada tipo de manutenção que está sendo realizado em uma organização. Conforme exposto anteriormente, há diferentes situações nas quais se é necessário aplicar os diversos tipos de manutenção existentes, sendo necessário equilíbrio visando maior eficiência produtiva.

Nos países de primeiro mundo, considera-se que a manutenção corretiva não planejada deve ficar restrita a no máximo, 20% enquanto os percentuais dos demais tipos de manutenção crescem. De um modo geral, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos a manutenção preventiva oscila entre 30 e 40% na média (TELES, 2019).

2.6.2 MTBF

Um dos indicadores mais utilizados é o MTBF, que em inglês se refere à: “Mean Time Between Failures”, no Brasil também é utilizada a sigla TMEF para o mesmo, que significa Tempo Médio Entre Falhas. Este indicador consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra (KARDEC e NASCIF, 2009; VIANA, 2014; TELES, 2019).

Viana (2014) define o MTBF como resultado da divisão da soma de horas disponíveis do equipamento, isto é, o período em bom funcionamento, pelo número de manutenções corretivas realizadas no mesmo período. A equação 1 apresenta como é obtido o indicador.

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Horas Trabalhadas}}{\Sigma \text{Intervenções Corretivas}} \quad (1)$$

Segundo Teles (2019), a forma mais eficiente de administrar esse indicador é aplicá-lo a cada equipamento, de forma a individualizar a tomada de decisões e ações, aumentando a eficiência da manutenção.

Se com o passar do tempo o valor do MTBF for aumentando, será um sinal positivo para manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e conseqüentemente o total de horas disponíveis para a operação, aumentando. Com isso, ganha-se também em produtividade e na confiabilidade do equipamento (VIANA, 2014; KARDEC e NASCIF, 2009).

Um indicador semelhante apresentado na literatura por diversos autores, como Viana (2014) e Kardec e Nascif (2009) é o MTTF, do inglês “Mean Time to Failure”, que significa o tempo médio para falha. Ao contrário do MTBF, porém, esse indicador se distingue pelo fato de ser aplicado a componentes e equipamentos não reparáveis, como por exemplo lâmpadas a serem substituídas.

2.6.3 MTTR

O MTTR, que em inglês se refere a “Mean Time to Repair” é o tempo médio para reparo (TMPR). Este indicador consiste no tempo médio que uma ação mantenedora é realizada em um equipamento (KARDEC e NASCIF, 2009; VIANA, 2014).

Teles (2019) diz que esse indicador é usado principalmente para analisar a eficiência dos trabalhos das equipes de manutenção corretiva, pois apresenta de forma prática quanto tempo as equipes dedicam para a solução de problemas corriqueiros e repetitivos.

A equação 2 apresenta a forma de obtenção do MTTR conforme apresentado por Viana (2014), no qual o indicador é resultado da divisão do somatório de horas em reparo, isto é, o tempo em manutenção, pelo número de intervenções realizadas.

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Horas em reparo}}{\Sigma \text{Intervenções Realizadas}} \quad (2)$$

De forma intuitiva, percebe-se que quanto menor o tempo de reparo, melhor o andamento da manutenção, pois as intervenções estão sendo realizadas em menor tempo e gerando menos impacto na produção. Contudo, deve-se observar com atenção este indicador, uma vez que um número alto de intervenções pode indicar alta dos defeitos e falhas em equipamentos. (VIANA, 2014; GERMANO, 2018).

2.6.4 Disponibilidade

A NBR 5462 (ABNT, 1994) define disponibilidade como a capacidade de um item em executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Fogliatto e Ribeiro (2009) complementam que a disponibilidade é um dos indicadores de confiabilidade mais importantes utilizados na manutenção.

Viana (2014) apresenta a disponibilidade como um percentual de dedicação para operação de um equipamento, ou de uma planta em relação às horas totais de um determinado período de tempo. Para equipamentos reparáveis, só há dois possíveis estados do item no tempo: *em manutenção* e *funcionando* (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Abaixo, a equação 3 apresenta o cálculo da disponibilidade para equipamentos reparáveis, conforme apresentado por Viana (2014).

$$\text{Disponibilidade} = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \cdot 100 \% \quad (3)$$

Segundo Teles (2019), os padrões das grandes indústrias do ocidente determinam que o valor da disponibilidade equipamentos e Instalações devem ser maiores ou iguais a 85%. Proporcionar aumento da disponibilidade e da confiabilidade dos ativos de uma planta industrial é o principal objetivo da manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009; TELES, 2019).

2.6.5 Confiabilidade

A NBR 5462 (ABNT, 1994), define confiabilidade como a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.” Teles (2019) complementa que confiabilidade é a probabilidade de um determinado item desempenhar a sua função especificada no projeto. O indicador é uma medida de desempenho da confiabilidade e, como probabilidade, varia entre 0 e 1, de forma que ao apresentar valor igual a 1, o equipamento torna-se totalmente confiável e executará todas suas funcionalidades sem ocorrência de falhas, por sua vez, ao apresentar valor igual a 0, há um equipamento não confiável, que não executa as funcionalidades requeridas (TELES, 2019).

A confiabilidade é expressa por Kardec e Nascif (2009) pela equação 4, onde têm-se R como a confiabilidade (do inglês, *reliability*), t (o tempo para qual se deseja projetar a confiabilidade, isto é, o tempo previsto de operação), e (base dos logaritmos neperianos) e λ (taxa de falhas).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Como parte do cálculo de confiabilidade de equipamentos, Kardec e Nascif (2009) expressam também a taxa de falhas, que consiste da divisão da quantidade falhas pela quantidade de horas trabalhadas por um equipamento, conforme a equação 5.

$$\lambda = \frac{\Sigma \text{Falhas}}{\Sigma \text{Horas de operação}} \quad (5)$$

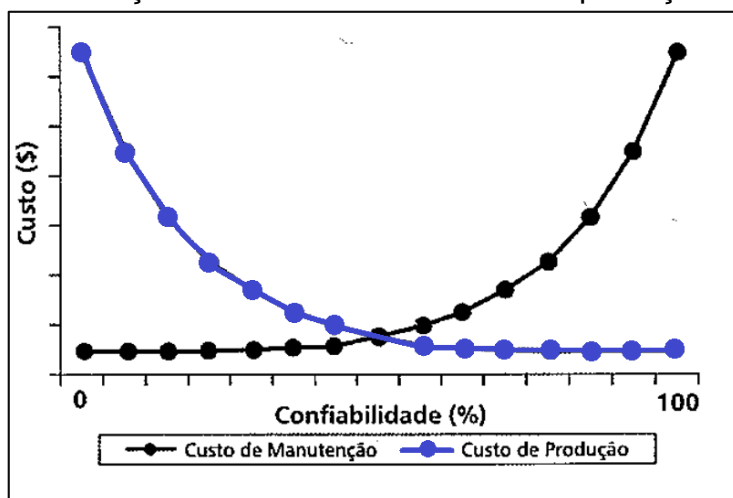
Outra expressão comumente utilizada e presente na literatura, traz a taxa de falhas como o inverso do tempo médio entre falhas, exposta na equação 6.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (6)$$

Quanto maior a confiabilidade, melhores serão os resultados obtidos pelas organizações e os impactos aos clientes, contudo, é importante ressaltar que a confiabilidade só passa a ter relevância quando observado o lado financeiro (KARDEC e NASCIF, 2009).

O gráfico da figura 8 expressa a relação entre confiabilidade e custos de manutenção e de produção. Quanto maior a confiabilidade, menores serão os custos de produção. Por outro lado, os custos de manutenção aumentam significativamente. Segundo Kardec e Nascif (2009), uma confiabilidade acima de 80% já é significativa, de forma a obter uma boa relação entre os custos investidos na manutenção e os de produção.

Figura 8 - Relação Confiabilidade x Custos de produção e manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

3 METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo, foi adotada uma metodologia comparativa, com a criação de dois cenários: antes de controle da manutenção preventiva e após o controle da manutenção preventiva. O objetivo desta escolha foi de caracterizar, através de dados, o progresso do setor de manutenção em uma empresa voltada à transporte de cargas, avaliando os resultados quanto à produtividade dos veículos e a eficiência da manutenção.

A primeira etapa do estudo foi a realização de um estudo de caso para avaliação das condições do setor de manutenção, com objetivo de caracterizar o cenário inicial e levantar dados para a comparação consequente ao avanço do projeto.

Na sequência, para funcionamento do plano de manutenção preventiva revisado, foram realizadas cinco etapas: a primeira, baseada no cadastro e divisão dos ativos conforme sua operação; a segunda, baseada na criação de modelo de ordem de serviço a ser utilizada pelo setor de manutenção; a terceira, baseada na criação de banco de dados eletrônico para registro e controle das atividades; na sequência, a realização do planejamento e programação das manutenções e; por fim, reuniões e treinamentos com operadores e demais envolvidos na manutenção da frota veicular.

Paralelo à adoção de novo plano de manutenção, foi realizada a definição dos indicadores a serem utilizados para avaliação do setor durante o período de estudo, de forma a se obter os cenários propostos para comparação. Ao fim da estruturação, foi realizada a coleta e análise dos dados obtidos.

Desta forma, para início das atividades foram realizados estudos sobre a manutenção corretiva e preventiva em equipamentos e sobre a gestão de ativos em grandes organizações. Além disso, se optou por estudos específicos com relação à manutenção de veículos destinados ao transporte de cargas, com o objetivo de garantir ações mantenedoras mais eficientes aos ativos, prolongando sua vida útil e aumentando a produtividade.

3.1 ESTUDO DE CASO

3.1.1 Identificação da empresa

A CRIL Soluções Ambientais é uma empresa especializada no gerenciamento e destinação final de resíduos das mais variadas classes, desde os tradicionais resíduos sólidos urbanos (RSU) até os resíduos mais perigosos e que necessitam de tratamento e incineração, como os resíduos sólidos de saúde (RSS).

Com sede administrativa em Natal/RN, a CRIL Ambiental atende mais de 3.500 (três mil e quinhentos) clientes espalhados por diversos estados do país, em especial no nordeste brasileiro, sendo presente em estados vizinhos como Paraíba, Ceará e Pernambuco, e mais ao sul da região, na Bahia.

Figura 9 – Fachada da sede administrativa da CRIL Ambiental em Natal/RN



Fonte: CRIL (2022)

Para sua operação, a CRIL atua com unidades logísticas com finalidades distintas. Enquanto algumas de suas unidades são voltadas ao tratamento e destinação final dos resíduos, outras unidades são voltadas ao gerenciamento e alocação dos mesmos até o consequente transporte e destinação final. O estudo em questão foi realizado na unidade de Macaíba/RN.

3.1.2 Frota veicular

A frota veicular que é objeto deste estudo é voltada ao transporte dos resíduos localizados na unidade operacional até o destino final. Para tanto, a empresa dispõe de dezoito veículos e três implementos, distribuídos conforme as necessidades das operações de trabalho.

Os veículos são utilizados diariamente, seja para coleta dos resíduos nos clientes, ou para o transporte até as demais unidades da empresa. A tabela 2 apresenta o regime de trabalho dos veículos da empresa, com o total de horas que os equipamentos devem estar disponíveis às operações solicitadas ao longo da jornada.

Tabela 2 – Horas trabalhadas pela frota veicular

Dias	Jornada de trabalho	Horas trabalhadas
Segunda à Sexta	07h às 16h	09 horas
Sábados, Domingos e Feriados	07h às 12h	05 horas

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Durante a avaliação inicial realizada no estudo de caso, foram constatadas diversas lacunas dentre as boas práticas de manutenção comuns às principais referências da literatura, bem como a falta de utilização de algumas das principais ferramentas para o controle da manutenção em grandes organizações, como:

1. Adoção majoritária pela manutenção corretiva (ainda que com plano de manutenção existente), com parada para realização de manutenções caracterizada pela pane;
2. Banco de dados desatualizado e com baixa número de registros de manutenções e/ou informações de entrada e saída de veículos em manutenções;
3. Inexistência de ordens de serviço (física ou virtual) para controle das manutenções internas e externas;

3.2 ETAPAS PARA CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Em conjunto com equipe do setor de manutenção e após o diagnóstico inicial das deficiências e necessidades do setor, foi estudado e deliberado sobre a adoção de novo plano de manutenção, com ferramentas a serem utilizadas objetivando o seu controle.

3.2.1 Cadastro e divisão dos ativos

Para o cadastro e divisão dos ativos, o banco de dados já existente no setor foi atualizado, objetivando sua adequação às boas práticas de manutenção, onde cada veículo foi dividido e ordenado conforme sua atuação nas operações da empresa.

O tagueamento realizado se baseou na cultura da empresa de identificação pela placa do veículo, sendo realizado o acréscimo do seu grupo de trabalho como prefixo da *tag*, uma vez que qualquer mudança operacional no veículo possa levá-lo a outros tipos de operações e, conseqüentemente, mudança em seu regime de manutenções. A figura 10 apresenta um exemplo de veículos utilizados para realização deste estudo, com suas respectivas *tags* de identificação.

Figura 10 – Tagueamento de veículos

LISTA DE VEÍCULOS			
UNIDAD	DESCRIÇÃO	PLACA	TAG
MACAÍBA	Poliguindaste	MOE-2351	POLI-MOE
MACAÍBA	Poliguindaste	MVE-2991	POLI-MVE
MACAÍBA	Bitrem c/ rollon-rolloff	PJM-6C55	ROLL-PJM
MACAÍBA	Cavalo mecânico trucado	IWF-4839	CAV-IWF
MACAÍBA	Cavalo mecânico trucado	KJX-1B45	CAV-KJX
MACAÍBA	Truck c/ tanque de sucção	QMG-1J79	SUC-QMG

Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, é importante destacar a realização de divisão dos veículos em grupos conforme sua operação, uma vez que o regime de trabalho a qual os

equipamentos são submetidos afeta diretamente as manutenções realizadas e a forma de planejamento.

Os ativos foram divididos em 7 grupos, sendo:

- Caminhão Baú: Caminhões voltados à coleta e acondicionamento de resíduos de clientes de menor porte, geralmente acondicionadas em bombonas de plástico. Dotam de baú instalado na carroceria do veículo, conforme figura 11.

Figura 11 - Caminhão Baú



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

- Cavalo Mecânico: Caminhões potentes e com carroceria reduzida, são utilizados para deslocamento de implementos com cargas pesadas, geralmente caçambas ou tanques. Estes veículos geralmente realizam operações a longas distâncias e com transporte de cargas bastante elevadas.
- Implementos: São equipamentos que são acoplados aos veículos para realização de atividades específicas, podendo ser utilizados, por exemplo, para acondicionamento de efluentes líquidos (implemento tanque) ou para transporte de cargas pesadas (reboques).
- Passeio: Veículo de pequeno porte utilizados para deslocamento dos colaboradores em ocasiões diversas, não sendo utilizado nas operações.
- Poli-guindaste: Caminhões com equipamento poli-guindaste instalado na carroceria e voltado à transporte de resíduos sólidos industriais. São veículos que não realizam longas distâncias de trabalho, porém que conta com grande parte de sua operação estacionária.
- Roll On – Roll Off: São os equipamentos que realizam os maiores deslocamentos de toda empresa, uma vez que são os principais responsáveis para o deslocamento dos resíduos que necessitam de destinação final em aterro sanitário.

Figura 12 – Caminhões Poli-guindaste e Roll On-Roll Off



Fonte: Adaptado de Facchini (2022)

- Sugador: Veículos voltados às operações de coleta e transporte de efluentes líquidos, uma vez que um tanque para sucção é instalado na carroceria do veículo. A figura 13 apresenta um dos caminhões voltado às operações de sucção na empresa.

Figura 13 - Caminhão sugador



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A tabela 3 apresenta a divisão final dos veículos da unidade conforme seus grupos de operação.

Tabela 3 – Divisão de veículos conforme grupos de operação

FROTA VEICULAR – MACAÍBA	
TIPO DE VEÍCULO	QUANTIDADE
Baú	04
Cavalo Mecânico	02
Implementos	03
Passeio	01
Poli-guindaste	03
Roll On – Roll Off	05
Sugador	03
TOTAL	21

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3.2.2 Criação de ordem de serviço

Em virtude da inexistência das ordens de serviço para as atividades internas de manutenção realizadas na unidade, foi debatido em conjunto com membros do setor sobre a possibilidade e quais as melhores maneiras para efetivação de uma O.S. a ser utilizada para coleta de dados pertinentes na elaboração dos indicadores. Até então, as atividades mantenedoras eram apenas discutidas informalmente, sem qualquer registro, com exceção das atividades externas, onde as notas fiscais dos prestadores de serviço eram digitalizadas.

Desta forma, se optou pela criação de uma ordem de serviço física, a ser aberta e preenchida pelos membros da equipe de manutenção sempre que qualquer atividade seja solicitada pelos supervisores.

O modelo de ordem de serviço utilizado prioriza a obtenção das seguintes informações:

- Data de abertura da Ordem de Serviço;
- Identificação do Veículo;
- Tipo de Manutenção;
- Descrição do defeito ou falha motivadores da solicitação;
- Descrição dos serviços realizados;
- Levantamento de custos;
- Data de encerramento da ordem de serviço

Após o encerramento ou parada da ordem de serviço, a mesma é digitalizada e os dados são levados ao banco de dados da manutenção.

3.2.3 Criação de banco de dados

Após coleta dos dados, os mesmos necessitam de tratamento, sendo necessária a criação de novo banco de dados atualizado para ordenação das O.S. obtidas. Utilizando do Microsoft Excel, foram elaboradas planilhas em ambiente eletrônico para registro de todas as informações, com objetivo de gerar um histórico de manutenções.

O banco de dados é disponibilizado a todos os membros dos setores de manutenção, logística e operação da empresa, de forma a oferecer o histórico individualizado de manutenções em um equipamento, até então, inexistente. A figura 14 apresenta um exemplo do banco de dados com o controle das ordens de serviço executadas.

Figura 14 – Banco de dados com controle de ordens de serviço

CONTROLE DE ORDENS DE SERVIÇO DA FROTA VEICULAR										
OS	TAG	GRUPO DE EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA	TIPO DE MANUTENÇÃO	LOCAL	INÍCIO	HI	FIM	HF	
1	POLI-MOE	Poliguindaste	Substituição da turbina do motor	Corretiva	Externa	03/jan	07:30	04/jan	16:20	
2	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Regulagem de freio e troca de retentor	Corretiva	Interna	04/jan	08:30	04/jan	15:30	
3	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Calibragem de Pneus	Preventiva	Externa	04/jan	15:38	04/jan	15:47	
4	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Lubrificação	Preventiva	Interna	06/jan	08:40	06/jan	09:25	
5	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Alinhamento e Balanceamento	Preventiva	Externa	07/jan	07:46	07/jan	09:10	
6	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Lubrificação	Preventiva	Interna	10/jan	09:27	10/jan	11:00	
7	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Revisão do sistema elétrico e substituição de peças	Preventiva	Externa	12/jan	08:52	12/jan	11:35	
8	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Conserto de vazamento em mangueira	Corretiva	Externa	12/jan	13:32	12/jan	17:20	
9	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Revisão de folga da direção	Preventiva	Interna	14/jan	07:00	17/jan	16:30	
10	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Conserto em cuca de freio	Corretiva	Externa	18/jan	15:13	19/jan	10:59	
11	POLI-MVE	Poliguindaste	Diferencial com limpeza e estralando	Corretiva	Externa	19/jan	07:40	19/jan	18:00	
12	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Alinhamento e Balanceamento	Preventiva	Externa	19/jan	11:12	19/jan	14:14	
13	POLI-MOE	Poliguindaste	Troca de peças no sistema de freio	Preventiva	Interna	20/jan	09:43	20/jan	13:59	
14	CAV-IWF	Cavalo Mecânico	Paizão	Preventiva	Externa	21/jan	07:24	25/jan	09:46	
15	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Correção de folga em paralamas	Corretiva	Interna	21/jan	08:50	21/jan	09:05	
16	CAV-IWF	Cavalo Mecânico	Borracharia do Ney	Corretiva	Externa	31/jan	07:59	31/jan	09:27	
17	ROLL-PJM	Roll On - Roll Off	Solda e vazamento de hidráulico	Corretiva	Interna	31/jan	08:00	31/jan	10:00	
18	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Conserto de pneu furado	Corretiva	Externa	03/fev	10:44	03/fev	11:36	
19	POLI-MVE	Poliguindaste	Lubrificação	Preventiva	Interna	04/fev	08:36	04/fev	09:36	
20	POLI-MOE	Poliguindaste	Lubrificação	Preventiva	Interna	04/fev	08:40	04/fev	09:40	
21	CAV-KJX	Cavalo Mecânico	Troca de retentor	Corretiva	Interna	04/fev	14:04	04/fev	16:30	
22	POLI-MVE	Poliguindaste	Alinhamento e Balanceamento	Preventiva	Externa	07/fev	11:21	07/fev	13:05	
23	POLI-MOE	Poliguindaste	Alinhamento e Balanceamento	Preventiva	Externa	07/fev	12:07	07/fev	13:05	
24	CAV-IWF	Cavalo Mecânico	Alinhamento e Balanceamento	Preventiva	Externa	08/fev	11:16	08/fev	12:52	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3.2.4 Planejamento e treinamentos

De acordo com o sugerido por Teles (2019) e Viana (2020), para adoção de um controle de manutenção voltado as reais necessidades da empresa, se optou pelo planejamento e programação de manutenções baseado nas solicitações anteriores e até então pouco organizadas do setor.

Dessa forma, o planejamento foi feito em conjunto pelo setor de manutenção, visando priorizar a manutenção preventiva e a manutenção corretiva planejada, de forma a diminuir os tempos de parada dos equipamentos.

Ao fim desta etapa, foram realizadas reuniões e treinamentos com todos os operadores dos veículos e equipamentos hidráulicos, instruindo-os quanto à participação ativa na atuação da manutenção da frota veicular, através de inspeção constante. Para isso, foi criado um modelo de checklist eletrônico de utilização diária, com relatos dos motoristas e de acesso ao setor de manutenção.

3.2.5 Definição de indicadores

Como parte essencial do controle da manutenção, foram definidos quatro indicadores principais para o auxílio das tomadas de decisões e avaliações do setor de manutenção. Conforme explicitado anteriormente, os indicadores são essenciais para uma gestão de manutenção eficiente, pois é através deles que é visualizado o desempenho do setor e quais as falhas e acertos.

O primeiro indicador utilizado é o MTBF, visando identificar o tempo médio entre falhas dos veículos, de forma que a manutenção preventiva pudesse ser mais atuante no intervalo de bom funcionamento; em seguida, utilizou-se do MTTR, visando mensurar a eficiência das manutenções realizadas com relação ao seu tempo de reparo, uma vez que até então não eram realizados registros nesse sentido; na sequência, se optou pela Disponibilidade, uma vez que este indicador é um excelente

sinal dos índices para os índices de produtividade; por fim, se utilizou da Confiabilidade, com a obtenção de probabilidade de bom desempenho dos equipamentos em seus distintos grupos de operação.

A partir da definição dos indicadores, foram iniciados as tratativas e o monitoramento dos mesmos, sendo atualizados mensalmente e analisados pelo setor de manutenção.

4 Resultados e Discussões

Conforme exposto anteriormente, a metodologia deste estudo é comparativa, de forma que as análises a serem realizadas nas próximas seções abordam os cenários antes e após o controle da manutenção preventiva estabelecido.

4.1 CENÁRIO INICIAL: PRÉ-CONTROLE DE PREVENTIVA

Com o objetivo de obter indicadores e resultados para caracterização de um cenário inicial ao estudo, foram analisados os meses entre junho e setembro de 2021, período esse em que a grande parte das manutenções realizadas na frota veicular eram corretivas emergenciais, e de forma agravante, após pane dos veículos.

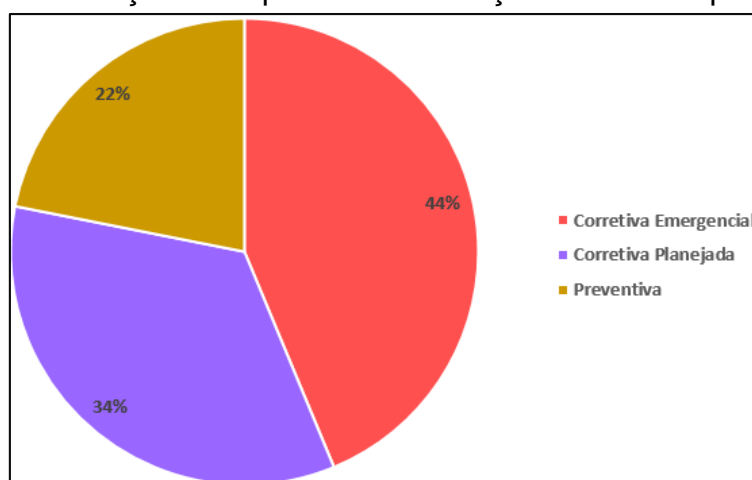
Tabela 4 - Número de ocorrências realizadas por tipo de manutenção

Mês/Ano	MANUTENÇÕES REALIZADAS		
	Corretivas Emergenciais	Corretivas Planejadas	Preventivas
jun/21	8	7	3
jul/21	8	5	4
ago/21	6	4	4
set/21	6	6	3
TOTAL	28	22	14

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Conforme exposto na tabela 4 e na figura 15, o cenário inicial da frota veicular apresentava alto número de ocorrências corretivas emergenciais, com índice superior aos 40%. Além disso, o baixo índice de manutenção preventiva chama atenção, uma vez que o número considerado ideal para as organizações é entre 30% e 40%, mas o cenário encontrado foi de apenas 22% de manutenções preventivas realizadas.

Figura 15 - Distribuição dos tipos de manutenção no cenário pré-preventiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Na sequência, foram realizados os cálculos dos indicadores da manutenção, para isso, foi feito o levantamento das horas trabalhadas, conforme carga horária da tabela 2. Dessa forma, levando-se em conta os finais de semana e feriados, entre junho e setembro de 2021, foram trabalhadas 950 horas, divididas conforme figura 16.

Figura 16 – Número de horas trabalhadas pela frota veicular

BANCO DE HORAS TRABALHADAS - FROTA VEICULAR MACAÍBA					
Vigência	Dias	Dias Trabalhados	Horas por dia	Total de Horas	Total do mês
jun/21	Segunda à sexta	21	09:00:00	189:00:00	234:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
jul/21	Segunda à sexta	22	09:00:00	198:00:00	243:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
ago/21	Segunda à sexta	22	09:00:00	198:00:00	243:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
set/21	Segunda à sexta	20	09:00:00	180:00:00	230:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

É importante ressaltar que o cálculo de horas foi realizado tomando a frota veicular como uma unidade a ser avaliada, o que significa que os indicadores representam a realidade da frota como um todo, cabendo a análise de cada veículo de uma análise própria e individual.

Em virtude da ausência das ordens de serviço no cenário inicial, foram utilizados dados obtidos nas notas fiscais de serviços e insumos adquiridos para a frota veicular, de forma que foi possível obter o número de ocorrências. A estimativa do tempo de parada, ainda que incerto, foi realizado com base nos diários operacionais realizados pela unidade.

A partir dos dados coletados na planilha de controle criada para o estudo, os resultados obtidos estão expostos na figura 17.

Figura 17 – Indicadores de desempenho da manutenção no cenário pré-preventiva

INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO - FROTA VEICULAR												
Cenário	Mês/Ano	Horas de Trabalho	Intervenções Realizadas			Tempo de Parada (Horas)	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Taxa de Falhas (λ)	Disponibilidade (%)	Confiabilidade (%)	
			Corretiva Emergencial	Corretiva Planejada	Preventiva							
ANTES DA PREVENTIVA	jun/21	234:00:00	8	7	3	222,55	15,6	12,36	0,06410	55,79%	59,88%	
	jul/21	243:00:00	8	5	4	359,43	18,7	21,14	0,05350	46,92%	65,18%	
	ago/21	243:00:00	6	4	4	202,23	24,3	14,45	0,04115	62,72%	71,95%	
	set/21	230:00:00	6	6	3	173,04	19,2	11,54	0,05217	62,43%	65,88%	
	TOTAL	950:00:00	28	22	14	957	19,0	14,96	0,05263	55,95%	65,64%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A partir da análise da figura 17, é perceptível a baixa disponibilidade apresentada pela frota, com resultados abaixo dos 70% em todos os meses analisados. Ressalta-se, porém, que como a análise considera a frota como uma unidade, a disponibilidade total, isto é, 100%, só poderia ser obtida no caso de todos os equipamentos apresentarem-se disponíveis a todo momento de hora produtiva.

Dentre os indicadores que chamam a atenção, o MTBF relativamente baixo é algo preocupante, uma vez que o tempo médio entre falhas no período foi de 19 horas e 24 minutos, o que equivale dizer que, a cada três dias um dos equipamentos da frota necessitará de intervenção corretiva.

Além disso, o tempo médio de reparo de quase 15 horas é muito alto, sendo praticamente equivalente ao tempo para ocorrência de falhas. Em outras palavras, é possível dizer que, no cenário inicial, cerca de quatro horas e meia após a realização de uma manutenção nos equipamentos da frota veicular, nova falha ocorria.

Nos demais indicadores, observa-se uma taxa de falhas elevada, uma vez que o número de ocorrências corretivas não está tão próximo de 0, conforme recomendado para organizações que buscam maior eficiência em seus ativos.

Como consequência do exposto, a confiabilidade da frota tende a ser baixa, de forma que a confiabilidade diária para a frota só foi superior aos 70% no mês de agosto de 2021. Com o obtido, pode-se dizer que a probabilidade de falhas diária nos meses analisados era de cerca de 34%.

Em breve análise, foram percebidos diversos pontos que afetam diretamente o desempenho da manutenção na empresa, como o alto número de ocorrências corretivas e o alto tempo de reparo, dessa forma, foram realizadas as ações para controle da manutenção preventiva expostas na metodologia deste estudo, objetivando ganhos no que diz respeito à produtividade e eficiência.

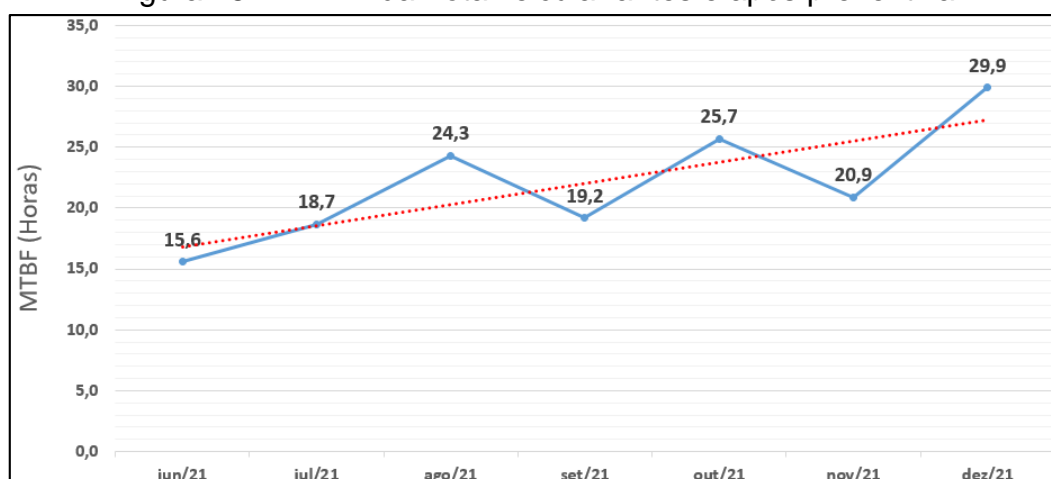
4.2 CENÁRIO FINAL: PÓS-CONTROLE DE PREVENTIVA

A partir do mês de outubro de 2021, o controle da manutenção preventiva passou a ser mais ativo na frota veicular da empresa, de forma que práticas novas passaram a ser adotadas, como a utilização da ordem de serviço para as atividades internas e, obviamente, o acompanhamento dos indicadores mês a mês para acompanhar as evoluções obtidas.

Assim, no primeiro momento foi feita a análise dos três primeiros meses após a implantação do controle da manutenção preventiva, no período que compreende os meses de outubro, novembro e dezembro de 2021.

As figuras 18 e 19 apresentam os desempenhos obtidos quanto aos indicadores dos tempos médios entre falhas e para reparo, enquanto as figuras 20 e 21 apresentam os desempenhos de disponibilidade e confiabilidade da frota veicular após o controle da manutenção preventiva.

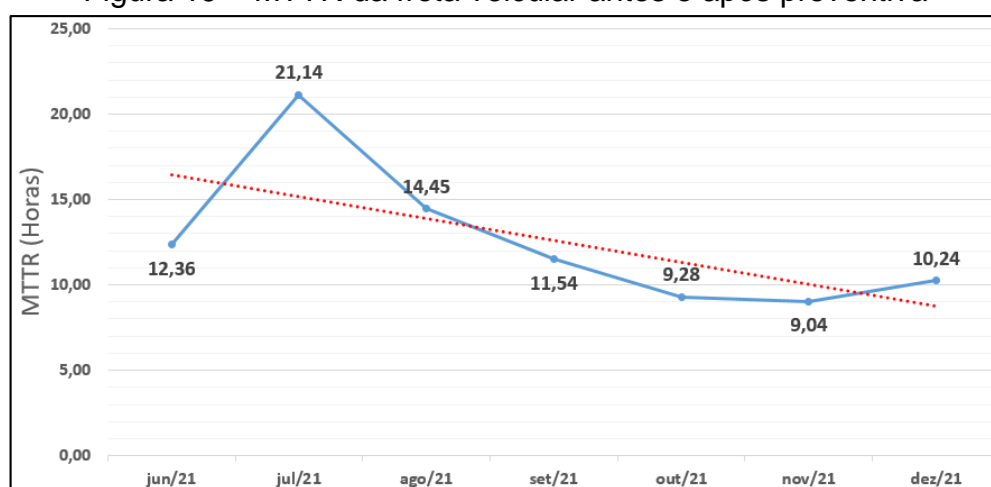
Figura 18 – MTBF da frota veicular antes e após preventiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A partir da figura 18, é possível perceber leve aumento no MTBF, indicando diminuição na ocorrência de falhas. Contudo, apesar da tendência de crescimento, o mês de novembro ainda apresentou queda e um MTBF abaixo do que havia sido verificado em agosto, antes do início do controle de preventiva.

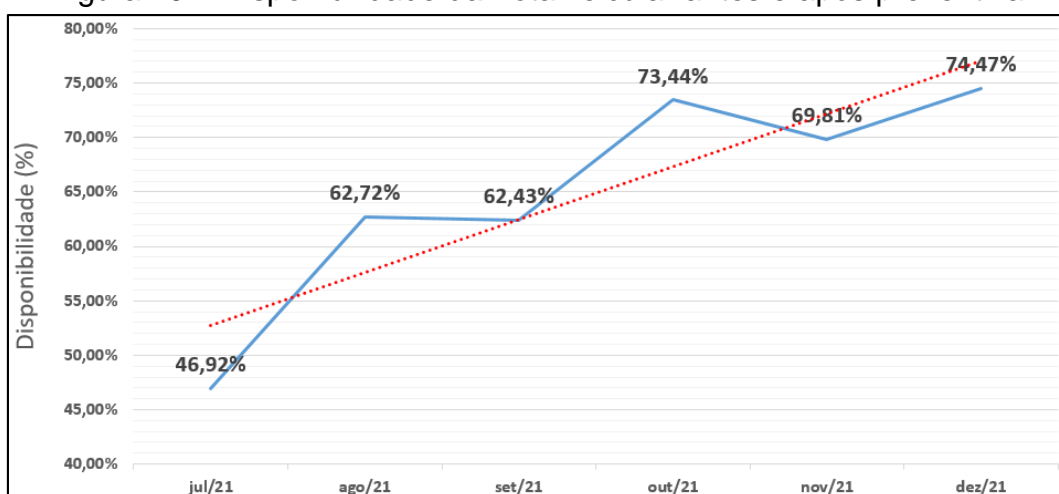
Figura 19 – MTTR da frota veicular antes e após preventiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao analisar a figura 19, por sua vez, é possível verificar redução considerável no tempo de reparo da frota veicular, que obteve um ápice de mais de 21 horas em julho. A partir desses resultados, a diferença entre MTBF e MTTR passou a aumentar, o que elevou a disponibilidade dos equipamentos, conforme gráfico apresentado na figura 20.

Figura 20 – Disponibilidade da frota veicular antes e após preventiva

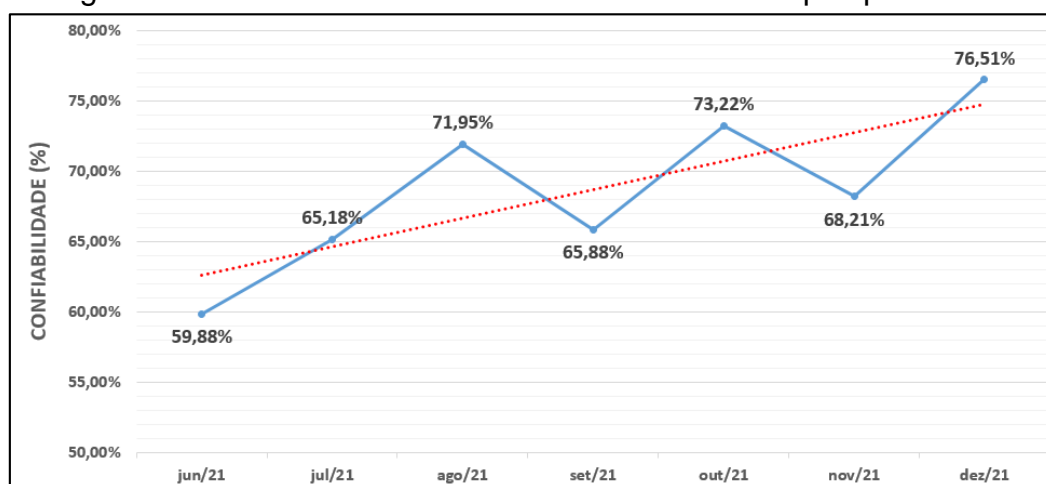


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao analisar a confiabilidade através do gráfico da figura 21, também foram obtidos resultados positivos no primeiro trimestre após implantação do controle de preventiva, uma vez que os índices passaram dos 70% em dois dos meses avaliados, com tendência de crescimento.

Apesar dos bons resultados quanto à confiabilidade da frota veicular quando comparado ao período anterior ao controle da preventiva, deve-se lembrar que o índice considerado ideal é de 85% para a confiabilidade de equipamentos, assim, na análise conjunta da frota veicular, percebe-se que ainda existiam condições de melhorias e busca de maior eficiência.

Figura 21 – Confiabilidade da frota veicular antes e após preventiva

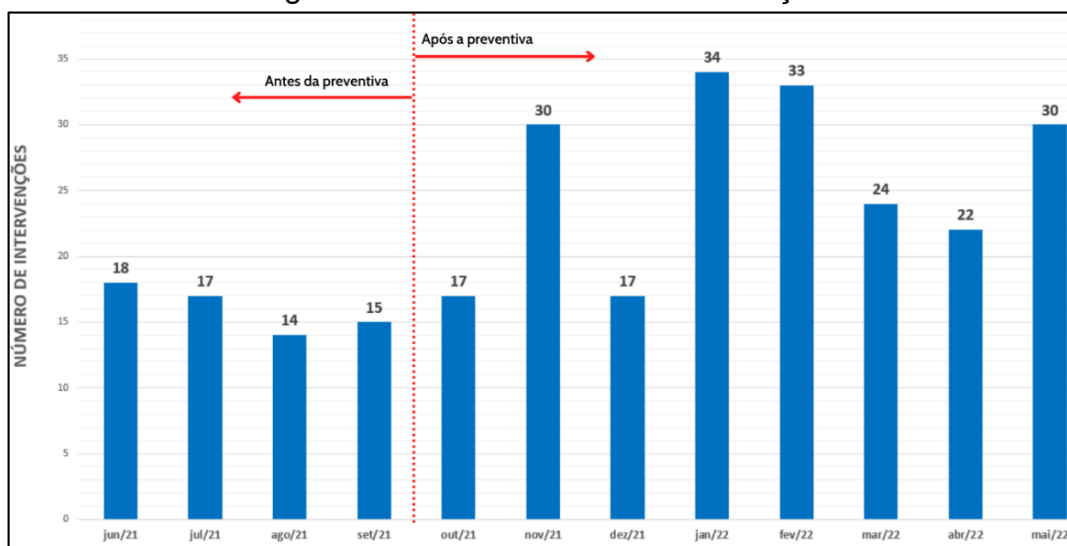


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Como parte da busca pela melhoria contínua do setor de manutenção, objetivando maior eficiência e produtividade da frota veicular, o monitoramento seguiu ao longo dos primeiros meses de 2022, visando observar se as tendências de ganhos relacionados ao controle da manutenção preventiva seriam concretizadas.

Assim, após a realização de diversas atividades de manutenção preventiva nos veículos, como lubrificação, alinhamento e balanceamento e substituição de componentes dos setores automotivos. Os próximos parágrafos apresentam um panorama completo do período de análise deste estudo, contemplando desde junho de 2021 até o mês de maio de 2022.

Figura 22 – Ocorrências de manutenção



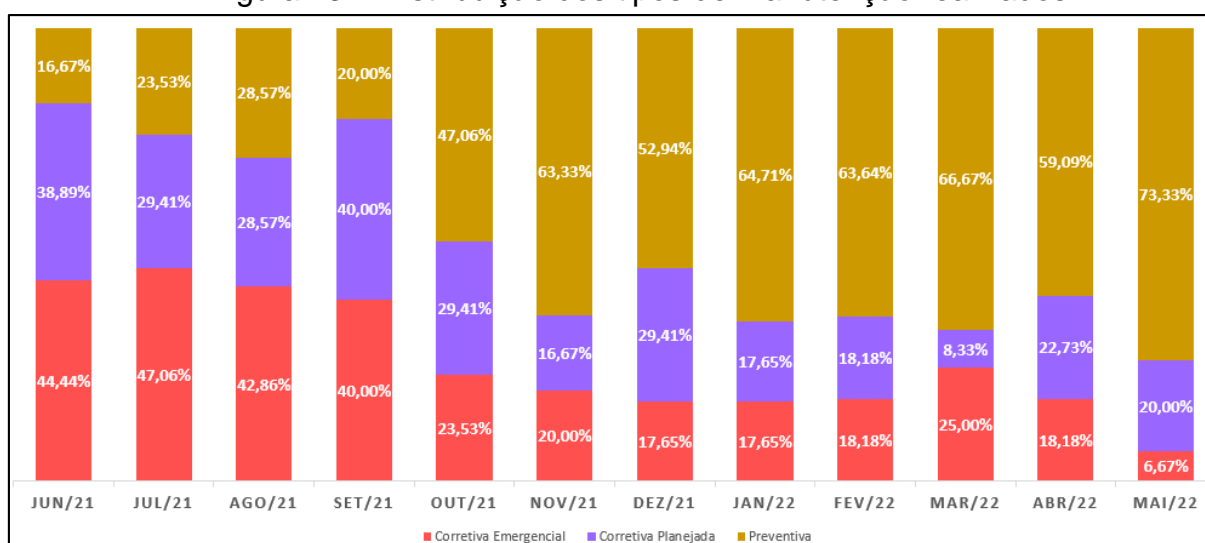
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Conforme apresentado na figura 22, houve um aumento significativo no número de ocorrências mensais de manutenção na frota, com o resultado mais baixo sendo o de 17 ocorrências repetido em outubro e dezembro de 2021. Este resultado era esperado, uma vez que no mês de outubro estava sendo iniciado o controle e, por sua vez, o mês de dezembro é historicamente um mês de baixa demanda das operações.

Por sua vez, a figura 23 apresenta uma evolução bastante positiva quanto à distribuição dos tipos de manutenção realizadas na frota veicular, de forma que a manutenção preventiva passou a ser predominante desde o segundo mês de implantação do controle (novembro de 2021) e os índices de manutenção corretiva passaram a diminuir.

A diminuição do índice de corretivas é um sinal que atesta os efeitos de prevenção, uma vez que as falhas passam a ocorrer com menor frequência. Além disso, ainda que não seja o ideal, ao se realizar mais manutenções corretivas planejadas ante às emergenciais, tende-se a obter um tempo de reparo mais rápido, evitando que o equipamento entre em pane para que possa ser reparado.

Figura 23 – Distribuição dos tipos de manutenção realizados

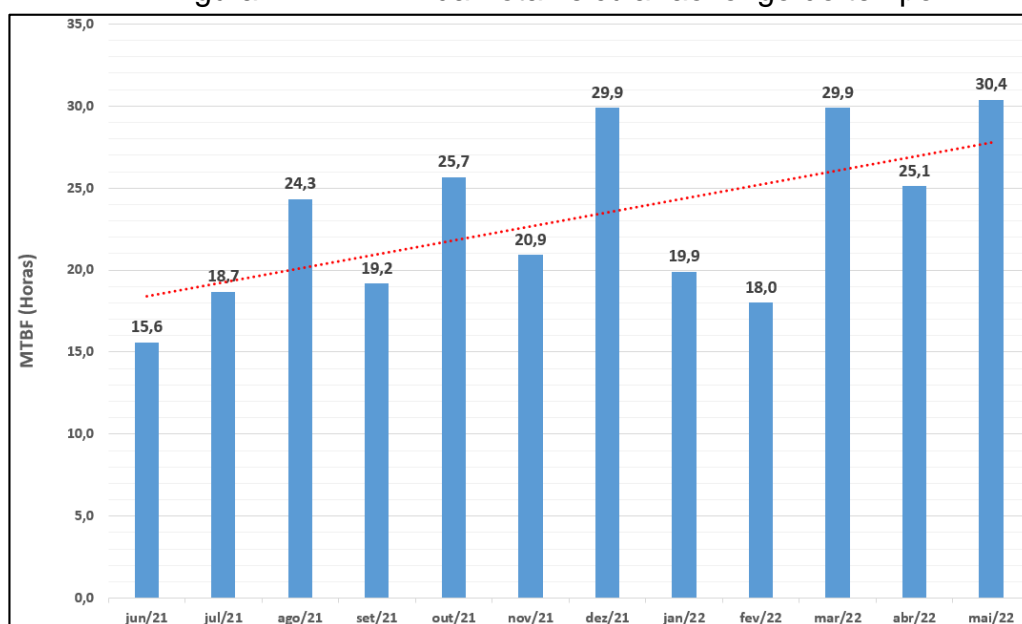


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Nas figuras 24 e 25, são apresentados os indicadores dos tempos médios de falha e de reparo que, confirmando o esperado nas tendências iniciais, apresentaram desempenhos positivos.

O MTBF, apesar de oscilações nos meses de janeiro e fevereiro, onde regrediu a patamares semelhantes ao do cenário anterior ao controle da preventiva, apresentou um aumento significativo, em especial no último trimestre do período de análise. Entre as possíveis causas para a oscilação verificada, aponta-se para a identificação precoce de falhas a partir das inspeções preventivas realizadas pelos motoristas e pelo próprio setor, de forma que as manutenções corretivas, ainda que indesejadas, necessitaram ser realizadas a fim de evitar panes.

Figura 24 – MTBF da frota veicular ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Da mesma forma, o MTTR, apresentou redução significativa, também conforme a tendência apontada nos primeiros meses após o controle da manutenção preventiva.

Figura 25 – MTTR da frota veicular ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Entre as razões para essa melhora, destaca-se o aumento de intervenções preventivas, geralmente com tempo de reparo muito inferior às corretivas. Além disso, as intervenções realizadas internamente aumentaram, sendo estas mais eficientes que os serviços realizados em prestadores externos.

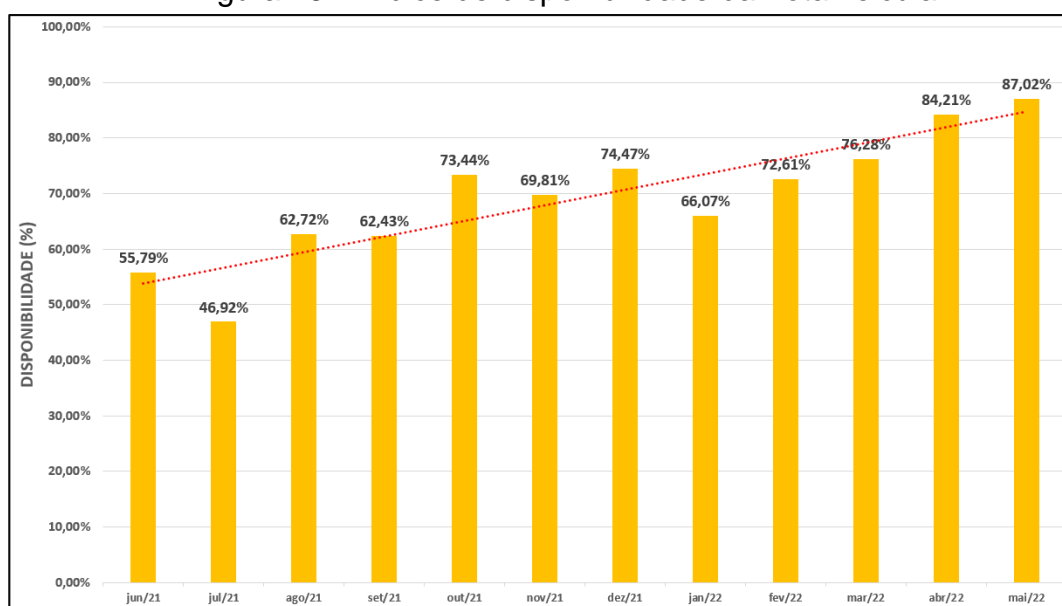
Outro ponto a se observar é que como os indicadores calculados são baseados na frota veicular como uma unidade, falhas ou tempo excessivo de reparos em um único equipamento podem elevar ou reduzir os indicadores. Este último caso ocorreu no mês de março, onde um equipamento do grupo poli-guindaste elevou o tempo de reparo para mais de 9 horas quando havia tendência de redução.

Como pontuado anteriormente, a partir do aumento do tempo médio entre falhas e da diminuição do tempo de reparo, é esperado que ocorra aumento no índice de disponibilidade da frota veicular.

No gráfico da figura 26, o índice de disponibilidade da frota ao longo dos doze meses de estudo é apresentado, onde comprova-se o aumento da disponibilidade da frota. Destaca-se a oscilação ocorrida em janeiro, quando a disponibilidade da frota foi de 66,07%, em virtude da pequena diferença entre MTBF e MTTR do período.

Além disso, os meses mais recentes, abril e maio, que tiveram o maior tempo de implantação do controle da manutenção preventiva, apresentaram também os melhores resultados quanto à disponibilidade, chegando a 84,21% e 87,02%, respectivamente.

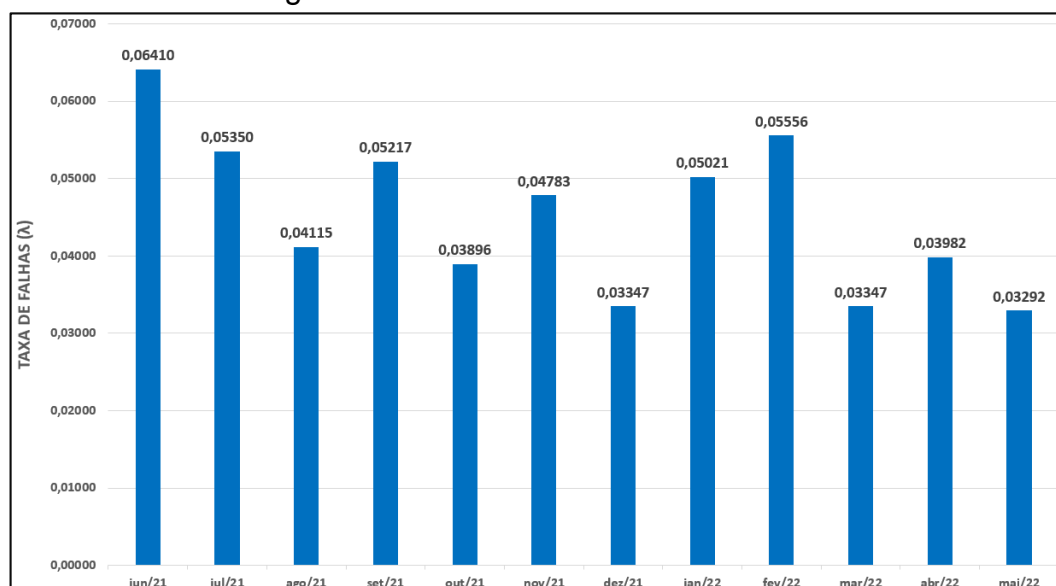
Figura 26 – Índice de disponibilidade da frota veicular



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Como pode ser observado no gráfico da figura 27, a taxa de falhas mostrou-se inconstante ao longo do período analisado, com oscilações entre o último trimestre de 2021 e com um aumento significativo da ocorrência de falhas nos meses de janeiro e fevereiro.

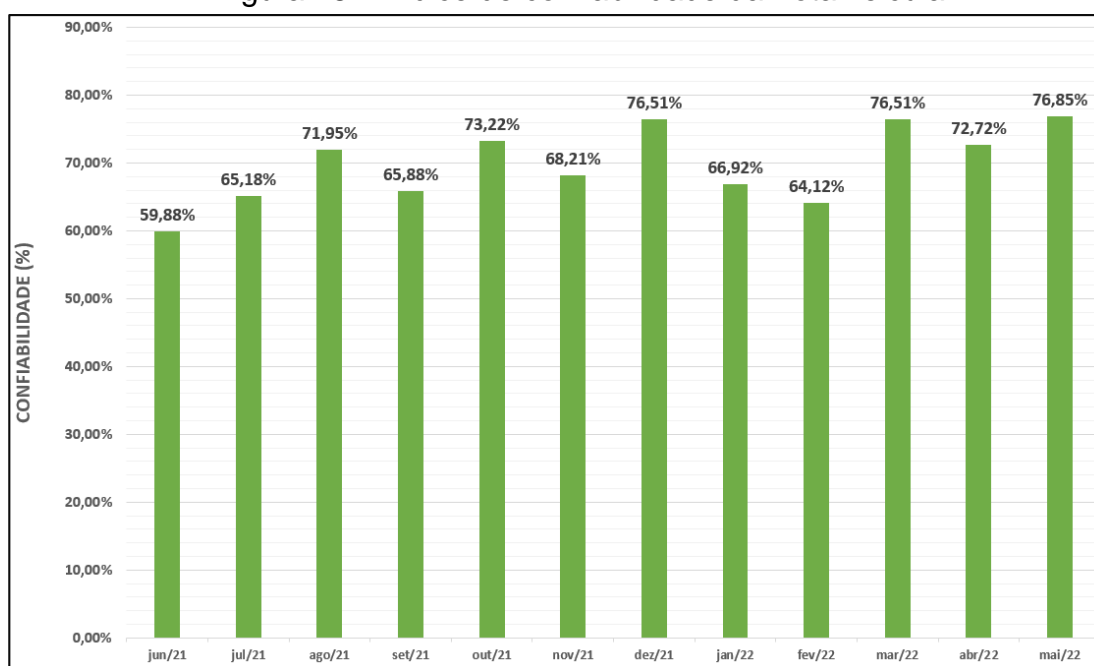
Figura 27 – Taxa de falhas da frota veicular



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Conforme exposto anteriormente, nesses meses foram realizadas intervenções corretivas nos veículos, identificadas de acordo com as ações preventivas previstas no plano de manutenção. Apesar dessa oscilação, destaca-se a redução da taxa nos últimos meses de análise do estudo, reflexo da prevenção de possíveis falhas e panes logo que identificados os defeitos.

Figura 28 – Índice de confiabilidade da frota veicular



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Dessa forma, como a taxa de falhas apresentou oscilações, a confiabilidade da frota também apresentou variações. De acordo com os resultados apontados no gráfico da figura 28, os piores resultados após implantação do controle da manutenção ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro, com patamares abaixo dos 70%.

Analisando a longo prazo, de junho de 2021 a maio de 2022 houve um aumento significativo da confiabilidade da frota veicular, crescendo de 59,88% para 76,85%. Esses índices, apesar de apontarem para melhoria e crescimento, também apontam que ainda há espaço para investimento no setor de manutenção, uma vez que a probabilidade de falhas nunca esteve abaixo dos 20%.

A partir dos dados da figura 29, percebe-se que, comparativamente, houve um avanço considerável em todos os indicadores da manutenção trabalhadas no estudo, com especial destaque à redução do tempo de reparo, que reduziu em 47,11%. Aliado à variação positiva do MTBF, a disponibilidade da frota aumentou 34,69%, passando de um patamar extremamente baixo de 55,95% até um índice de 75,36%. Mais discretamente, a variação da confiabilidade apresentou ganho de 9,46%, de forma que a confiabilidade da frota superou os 70%.

Estes resultados apontam que, como unidade, a frota veicular teve desempenhos positivos, pois mesmo com as oscilações, o cenário com o controle de manutenção preventiva permite maior tempo de operação e menor custo, uma vez que a diminuição das falhas e da indisponibilidade dos veículos permite que o lucro cessante seja reduzido.

Figura 29 – Indicadores de desempenho antes e após a manutenção preventiva

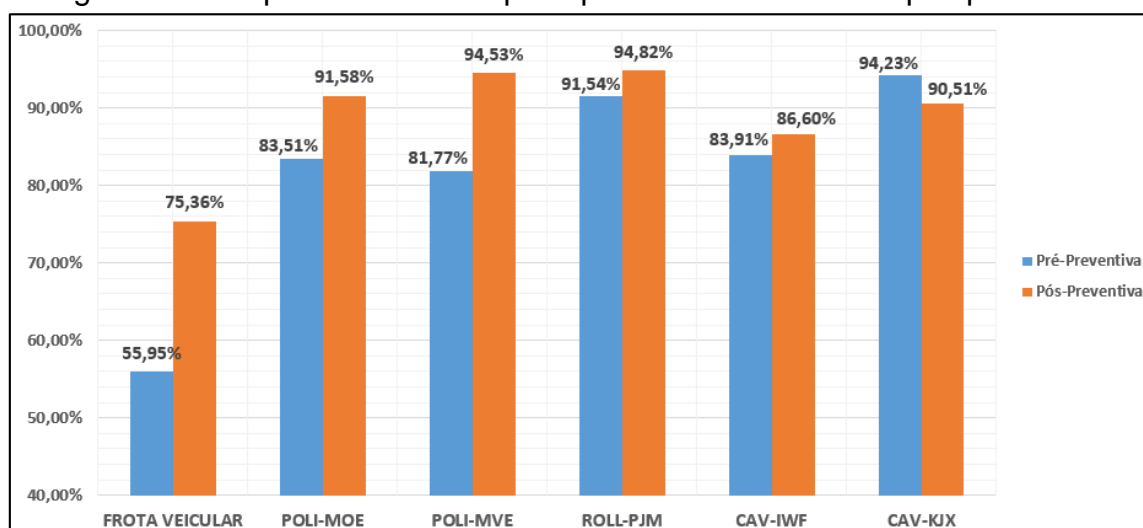
INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO - FROTA VEICULAR					
Cenário	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Taxa de Falhas (λ)	Disponibilidade (%)	Confiabilidade (%)
ANTES DA PREVENTIVA	19,0	14,96	0,05263	55,95%	65,64%
APÓS A PREVENTIVA	24,2	7,91	0,04133	75,36%	71,85%
VARIAÇÃO	+27,34%	-47,11%	-21,47%	+34,69%	+9,46%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao realizar a análise individual de cada equipamento, as figuras 30 e 31 apresentam gráficos comparativos quanto aos índices de disponibilidade e de confiabilidade dos cinco veículos mais utilizados nas operações nos cenários de análise desse estudo.

Os veículos analisados apresentaram o maior número de ocorrências de manutenção ao longo dos doze meses de estudo, além de serem majoritariamente utilizados em operações na unidade operacional de Macaíba, o que permitiu a aplicação efetiva do plano de manutenção e a realização do controle de todas as ações efetuadas.

Figura 30 – Disponibilidade dos principais veículos antes e após preventiva

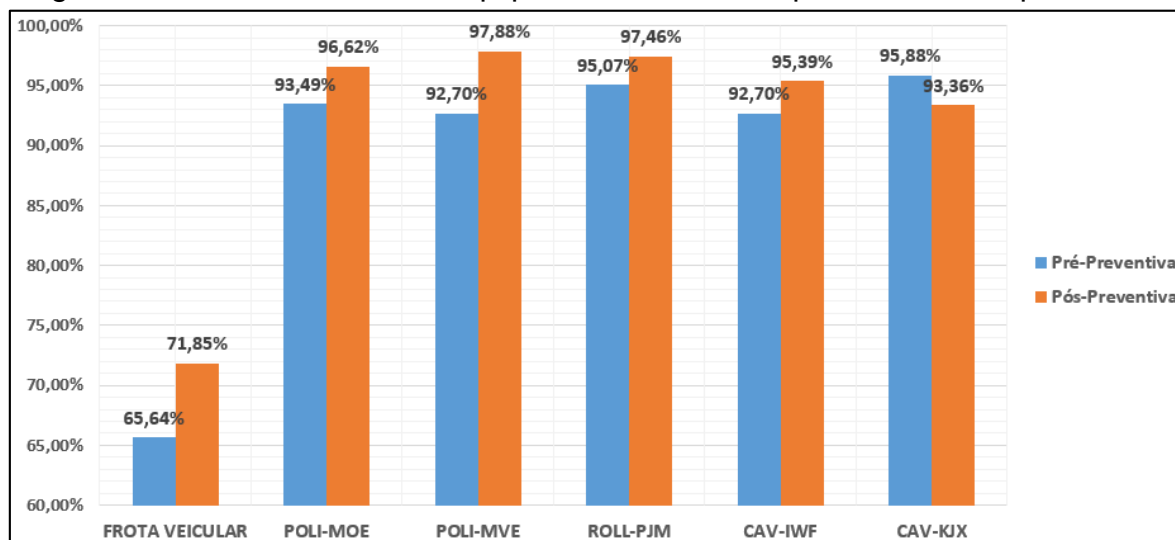


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Conforme verificado na figura 30, o aumento da disponibilidade da frota veicular também pôde ser observado nos principais veículos da empresa, alcançado níveis ótimos de disponibilidade, superando os 85% em todos os casos. Com exceção do cavalo mecânico de tag CAV-KJX, que apresentou redução da disponibilidade de 94,23% para 90,51%, os outros veículos apresentaram aumento, resultado da aplicação efetiva da manutenção preventiva na frota.

Além disso, destaca-se o aumento considerável da disponibilidade dos equipamentos poli-guindastes, que após o controle da preventiva, passaram a estar disponíveis por mais de 90% do período de trabalho.

Figura 31 – Confiabilidade de equipamentos antes e após controle de preventiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Da mesma forma, a figura 31 apresenta comportamento semelhante dos veículos, dessa vez quanto à confiabilidade. Assim como verificado no indicador de disponibilidade, o único veículo que apresentou redução em sua confiabilidade, haja visto o maior número de ocorrências e manutenções corretivas realizadas foi o CAV-KJX. É destaque, porém, os excelentes níveis de confiabilidade diária atingidos por cada veículo nos cenários analisados, comprovando mais uma vez a efetividade da manutenção preventiva na melhor utilização dos equipamentos.

5 Conclusões

Ao final do presente estudo, é possível afirmar que os objetivos, geral e específicos, foram alcançados, uma vez que, a partir da análise dos cenários definidos em metodologia comparativa, foram verificados avanços quanto à produtividade e aos efeitos da manutenção preventiva na frota veicular objeto de estudo.

Na comparação entre os cenários obtidos antes e após a implantação da manutenção preventiva, os indicadores apresentaram resultados extremamente positivos, com aumento de 27,34% do tempo médio entre falhas e de 34,69% da disponibilidade total da frota veicular após o controle de manutenção preventiva. Outro ganho observado foi com relação à confiabilidade dos veículos, que apresentou aumento de 9,46%. Essa mudança ocorre a partir da redução de 21,47% na taxa de falhas. Além disso, foi observada redução considerável no índice de corretivas, de forma que atualmente o maior número de ocorrências (62,80%) é de natureza preventiva, o que evidencia mudança de cultura do setor de manutenção. Destaca-se também a expressiva variação no tempo médio de reparos, reduzindo em 47,11% e aumentando a eficiência da manutenção.

Diante do exposto, recomenda-se a CRIL Ambiental que sejam ampliados os esforços e investimentos na manutenção preventiva, expandindo o controle aplicado na unidade de Macaíba às demais unidades operacionais da empresa, a fim de garantir maior vida útil aos veículos e um aumento na produtividade e disponibilidade dos mesmos. A partir da metodologia aplicada neste estudo, pode-se utilizar um padrão a fim de monitoramento completo de toda a frota veicular da empresa, de forma a enxergar os pontos de melhoria em vários níveis, seja por um veículo, grupo de equipamentos ou, em grande escala, a toda uma unidade operacional.

A respeito das limitações encontradas para desenvolvimento desse estudo, destacam-se as ações de natureza operacional que se tornaram obstáculos para um objeto de pesquisa, dentre as quais se destacam: constantes trocas de veículos entre unidades operacionais, sem necessariamente o cumprimento integral do plano de manutenção preventiva conforme previsto; falta de informações quanto à custos realizados em manutenções externas e internas; constantes substituições entre operadores e motoristas dos veículos, promovendo falta de informação e fornecimento de dados; falta de estoque e de compras de insumos com antecedência, inviabilizando o reparo mais rápido de veículos e equipamentos e etc.

Por fim, para os próximos estudos na área, recomenda-se a análise de índices relacionados quanto à produtividade dos veículos, isto é, acerca de sua rodagem, bem como do investimento financeiro despendido, de forma a analisar o custo de manutenção por cada equipamento e a eventual economia realizada ao se optar por um setor de manutenção voltado à prevenção.

6 Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 256 p.

BERTSCHE, B. **Confiabilidade em Engenharia Automotiva e Mecânica: Determinação da Confiabilidade de Componentes e Sistemas**. Berlim: Springer, 2008.

CRIL. **Quem Somos**. In: Cril Soluções Ambientais. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.crilambiental.com.br/cril-solucoes-ambientais>. Acesso em: 12 jun. 2022.

FACCHINI. **Produtos: Poliguindaste**. In: Facchini., 2022. Disponível em: <https://www.facchini.com.br/produto/poliguindaste>. Acesso em: 29 jun. 2022.

FACCHINI. **Produtos: Roll On Roll Off | Caçamba**. In: Facchini., 2022. Disponível em: <https://www.facchini.com.br/produto/rollonrolloff-cacamba>. Acesso em: 29 jun. 2022.

FERREIRA, A. B. D. H. **Novo dicionário de língua portuguesa**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

FILHO, G. B. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J.L.D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009

GERMANO, A. O. **Efeitos da implantação de manutenções preventivas na produtividade - Indústrias Becker**. 2018. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2018.

MOUBRAY. J. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon,2004.

MOBLEY, R. K., HIGGINS, L. R., & WIKOFF, D. J. **Manual de Engenharia de Manutenção**, McGrawhill. 8 ed. Nova Iorque, Chicago, São Francisco, Lisboa, Londres, Madrid, Cidade do México, Milão, Nova Deli, San Juan, Seul, Singapura, Sydney e Toronto. Impresso pelos EUA, 2014.

MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**. São Paulo: Editora Durban Ltda / EDBRAS – Editora Brasileira Ltda, 1989.

NETO, F. F. **Plano de lubrificação de caldeira à biomassa e de seu sistema de alimentação.** 2021. 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2021.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação.** 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

TAVARES, L. A. **Administração Moderna e Manutenção.** 1 edição. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2000.

TELES, J. **Planejamento e controle da manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM.** 2. ed. Brasília: Engeteles editora, 2019. 240p

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 192 p.

VIANA, H. R. G. **Manual da gestão de manutenção.** 1.ed. Brasília: Engeteles editora, 2020. 208p.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p.

7 Anexos

ANEXO A - Relação de equipamentos da frota veicular

LISTA DE VEÍCULOS												
Nº	PLACA	TAG	GRUPO	FABRICANTE	MARCA	MODELO	POTÊNCIA	COMBUSTÍVEL	COR	ANO	ANO MOD.	
1	NNQ5B50	BAU-NNQ	CAMINHÃO BAÚ	VOLKSWAGEN	DELIVERY	8.150E	143CV	DIESEL S10	BRANCO	2009	2010	
2	NZP0676	BAU-NZP	CAMINHÃO BAÚ	VOLKSWAGEN	DELIVERY	8.150E	143CV	DIESEL S10	BRANCO	2011	2012	
3	QGY6D32	BAU-QGY6	CAMINHÃO BAÚ	VOLKSWAGEN	VW/6.160	6.160 DRC	156CV	DIESEL S10	BRANCO	2019	2020	
4	QGY7F52	BAU-QGY7	CAMINHÃO BAÚ	VOLKSWAGEN	VW/6.160	VW/6.160	156cv	DIESEL S10	BRANCO	2019	2020	
5	IYG2C71	PICK-IYG	CAMINHONETE	FIAT	STRADA	HD WK CC E	88CV	GASOL/ALCOOL	BRANCO	2017	2018	
6	IWF4839	CAV-IWF	CAVALINHO	FORD	CARGO	2842 AT	420CV	DIESEL S10	CINZA	2013	2013	
7	KJX1B45	CAV-KJX	CAVALINHO	VOLKSWAGEN	CONSTELLATION	19.320 CLC TT	320CV	DIESEL	BRANCO	2008	2009	
8	MOE2351	POLI-MOE	POLI-GUINDASTE	VOLKSWAGEN	CONSTELLATION	13.180 CNM	180CV	DIESEL	BRANCO	2009	2010	
9	MVE2J91	POLI-MVE	POLI-GUINDASTE	VOLKSWAGEN	CONSTELLATION	13.180 CNM	180CV	DIESEL	BRANCO	2007	2008	
10	OKC9518	POLI-OKC	POLI-GUINDASTE	IVECO	TECTOR	240 E22	218CV	DIESEL S10	BRANCO	2013	2014	
11	JOK3C96	ROLL-JOK	ROLL ON/OFF MUNCK	VOLVO	VM	VM 260 6X2 R	260CV	DIESEL S10	BRANCO	2006	2007	
12	PGQ2B36	ROLL-PGQ	ROLL ON/OFF MUNCK	FORD	CARGO	2429	290CV	DIESEL S12	CINZA	2013	2013	
13	PJM6C55	ROLL-PJM	ROLL ON/OFF MUNCK	VOLVO	VM	VM 330 8X2 R	330CV	DIESEL S10	BRANCO	2014	2015	
14	PRY9A16	ROLL-PRY	ROLL ON/OFF MUNCK	VOLKSWAGEN	CONSTELLATION	24-280	280CV	DIESEL S10	BRANCO	2018	2019	
15	QFM0I20	ROLL-QFM	ROLL ON/OFF MUNCK	IVECO	TECTOR	240 E28	280CV	DIESEL S10	BRANCO	2013	2014	
16	HWV8345	SUG-HWV	SUGADOR TANQUE	VOLVO	VM	23 240 6X2R	240CV	DIESEL	BRANCO	2005	2005	
17	NNS1A98	SUG-NNS	SUGADOR TANQUE	MERCEDES BENZ	1620	L 1620	231CV	DIESEL	VERMELHO	2009	2009	
18	QMG1J79	SUG-QMG	SUGADOR TANQUE	FORD	CARGO	2431	306CV	DIESEL S10	BRANCO	2019	2019	

LISTA DE IMPLEMENTOS										
PLACA	TAG	GRUPO	FABRICANTE	MODELO	COR	ANO	ANO MOD.	UNIDADE	UF	
HYA3475	CCB-HYA	CAÇAMBA BASCULANTE	SR/IMPERIAL	BR30203000 1	BRANCO	2007	2007	Macaíba	RN	
MYS4174	CCB-MYS	CAÇAMBA BASCULANTE	SR/MGS	-	BRANCO	2008	2008	Macaíba	RN	
QGK6H74	REB-QGK	REBOQUE ROLL ON/OFF	MGS	RTCR 3E	PRETO	2018	2018	Macaíba	RN	


ANEXO B – Banco de dados das horas trabalhadas

BANCO DE HORAS TRABALHADAS - FROTA VEICULAR MACAÍBA					
Vigência	Dias	Dias Trabalhados	Horas por dia	Total de Horas	Total do mês
jun/21	Segunda à sexta	21	09:00:00	189:00:00	234:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
jul/21	Segunda à sexta	22	09:00:00	198:00:00	243:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
ago/21	Segunda à sexta	22	09:00:00	198:00:00	243:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
set/21	Segunda à sexta	20	09:00:00	180:00:00	230:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	
out/21	Segunda à sexta	19	09:00:00	171:00:00	231:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	12	05:00:00	60:00:00	
nov/21	Segunda à sexta	20	09:00:00	180:00:00	230:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	
dez/21	Segunda à sexta	21	09:00:00	189:00:00	239:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	
jan/22	Segunda à sexta	21	09:00:00	189:00:00	239:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	
fev/22	Segunda à sexta	19	09:00:00	171:00:00	216:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	
mar/22	Segunda à sexta	21	09:00:00	189:00:00	239:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	10	05:00:00	50:00:00	
abr/22	Segunda à sexta	19	09:00:00	171:00:00	226:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	11	05:00:00	55:00:00	
mai/22	Segunda à sexta	22	09:00:00	198:00:00	243:00:00
	Sábado, Domingo e Feriados	9	05:00:00	45:00:00	

ANEXO C – Dados de manutenção – Jun/21 a Mai/22

INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO - FROTA VEICULAR										
Mês/Ano	Horas de Trabalho	Intervenções Realizadas			Tempo de Parada (Horas)	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Taxa de Falhas (λ)	Disponibilidade (%)	Confiabilidade (%)
		Corretiva Emergencial	Corretiva Planejada	Preventiva						
jun/21	234:00:00	8	7	3	222,55	15,6	12,36	0,06410	55,79%	59,88%
jul/21	243:00:00	8	5	4	359,43	18,7	21,14	0,05350	46,92%	65,18%
ago/21	243:00:00	6	4	4	202,23	24,3	14,45	0,04115	62,72%	71,95%
set/21	230:00:00	6	6	3	173,04	19,2	11,54	0,05217	62,43%	65,88%
out/21	231:00:00	4	5	8	157,80	25,7	9,28	0,03896	73,44%	73,22%
nov/21	230:00:00	6	5	19	271,32	20,9	9,04	0,04783	69,81%	68,21%
dez/21	239:00:00	3	5	9	174,13	29,9	10,24	0,03347	74,47%	76,51%
jan/22	239:00:00	6	6	22	347,75	19,9	10,23	0,05021	66,07%	66,92%
fev/22	216:00:00	6	6	21	224,04	18,0	6,79	0,05556	72,61%	64,12%
mar/22	239:00:00	6	2	16	222,95	29,9	9,29	0,03347	76,28%	76,51%
abr/22	226:00:00	4	5	13	103,55	25,1	4,71	0,03982	84,21%	72,72%
mai/22	243:00:00	2	6	22	135,93	30,4	4,53	0,03292	87,02%	76,85%

ANEXO D – Modelo de ordem de serviço implantado

 ORDEM DE SERVIÇO			
SOLICITANTE:	KM:	Nº OS: /22	UNIDADE
PLACA:	PEÇA/EQUIP. CONSERTADO:	TIPO DE MANUTENÇÃO: () PREVENTIVA () CORRETIVA	
DESCRIÇÃO DA SOLICITAÇÃO			
APONTAMENTO DA EXECUÇÃO			
MANTENEDOR:		() INTERNO () EXTERNO	
INÍCIO		TÉRMINO	
DATA	HORA	DATA	HORA
/ /	:	/ /	:
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO REALIZADO			
LEVANTAMENTO DE CUSTOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	CUSTO TOTAL