



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SANDRIVÂNIA SOARES MAIA ALMEIDA

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
MELHORIA DO TRANSPORTE PÚBLICO ESCOLAR: ESTUDO DE CASO EM
UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

RUSSAS

2021

SANDRIVÂNIA SOARES MAIA ALMEIDA

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
MELHORIA DO TRANSPORTE PÚBLICO ESCOLAR: ESTUDO DE CASO EM UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do Departamento de Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal do
Ceará, Campus Russas, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Prof^a Ma. Daiane de
Oliveira Costa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A451a Almeida, Sandrivânia Soares Maia.

Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade para melhoria do transporte público escolar: estudo de caso em uma instituição de ensino superior / Sandrivânia Soares Maia Almeida. – 2021.

87 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia de Produção, Russas, 2021.

Orientação: Prof. Me. Daiane de Oliveira Costa.

1. Transporte Público Escolar. 2. Manutenção Centrada em Confiabilidade. 3. Plano de Manutenção. I. Título.

CDD 658.5

SANDRIVÂNIA SOARES MAIA ALMEIDA

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
MELHORIA DO TRANSPORTE PÚBLICO ESCOLAR: ESTUDO DE CASO EM UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do Departamento de Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal do
Ceará, Campus Russas, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia de Produção.

Aprovado(a) em: ___ / ___ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Daiane de Oliveira Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ma. Rondinelli Batista Candido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ma. Ramon Rudá Brito Medeiros
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, meus pais e minha irmã.

Dedico este trabalho a minha família pelo incentivo constante, orações e confiança em mim depositada. Aos meus amigos que sempre estiveram comigo. A todos da

Universidade Federal do Ceará – Campus
Russas pelo ensinamento, apoio e
vibrações positivas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter ouvido minhas orações, por ter me dado força e coragem para prosseguir nos dias difíceis, e oportunidade de viver as coisas boas e lindas dessa caminhada. Sem ti, senhor, nada teria sido possível.

Agradeço aos meus pais e minha irmã, Lucivânia, Cidrônio e Silvângela, pelo esforço incansável, carinho, confiança e a garra que mantiveram para que eu pudesse realizar nosso sonho, sim, nosso, pois essa conquista foi ansiada desde sempre por todos nós, mesmo com tantas dificuldades que enfrentamos. Aos meus familiares queridos, que sempre estiveram ao meu lado, torcendo por esse dia, essa conquista pertence a vocês também.

Agradeço ao meu amigo e namorado, Wilson Junior, pelo amor e por trilhar comigo essa jornada tão importante, me incentivando e apoiando constantemente. Assim, agradeço a sua família, pelas vibrações positivas, apoio e acolhimento.

Agradeço a minha grande amiga e irmã, Hívina Alves, por dividir comigo sonhos, alegrias, dificuldades, noites em claro, risadas, por sempre ter acreditado em mim quando nem eu mesma me achava capaz, pelo companheirismo presente e pela sua amizade.

Agradeço a cidade Russas, pela receptividade durante todos os anos de graduação e por me apresentar amigos incríveis, os melhores assim pode-se dizer. Aos amigos, agradeço por terem sido minha família e meu colo, por me apresentarem suas famílias e me receberem sempre com tanta alegria, foi um prazer compartilhar tudo isso com vocês.

Ao nosso diretor Prof. Dr. Lindberg Lima, coordenador Prof. Dr. Lucelindo Dias e ex. coordenador Prof. Dr. George Luiz pela dedicação e luta árdua em nos proporcionar o melhor ensino. A todos os professores que compõem o corpo docente da universidade, em especial aos professores da engenharia de produção, agradeço pelos ensinamentos, conselhos e afeto, todos vocês contribuíram para o meu engrandecimento pessoal e profissional.

Aos colaboradores, agradeço pela paciência, cuidado e amizade. Agradeço aos colaboradores terceirizados e a equipe da cantina, que fizeram parte dos meus dias, trazendo sempre muita alegria. A Inovale Jr, Empresa Jr de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica, pelas pessoas maravilhosas que conheci e aprendizado adquirido.

Agradeço a minha orientadora e amiga, Daiane Oliveira, a quem tenho grande admiração e confiança em seu trabalho, pela forma como administrava as disciplinas e o seu

dom em nos repassar conhecimento, agradeço ainda por ter encarado esse desafio tão temido por mim, e pela amizade com a qual pude contar.

Por fim, a todos que fizeram parte da minha história, que acreditaram no meu potencial e que demonstraram apoio, pois de alguma forma contribuíram para que hoje eu pudesse estar aqui hoje, finalizando essa pequena e tão linda jornada!

RESUMO

Nos últimos anos o Brasil tem presenciado um aumento na oferta de vagas para nas Instituições de Ensino Superior (IES), proporcionado pela instauração de diversas políticas públicas. A crescente nesse número se dá, em parte, devido à expansão das IES para regiões de médio e pequeno porte. Juntamente a isso, uma problemática se desenvolveu: a dependência do meio de transporte público por parte dos estudantes residentes de cidades vizinhas para se locomoverem até os polos de ensino. Assim, a prestação de transporte público escolar seguro, de qualidade e disponível é fundamental para a satisfação dos usuários e diminuição da evasão escolar. Diante disso, o objetivo do estudo é utilizar os conceitos da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) para gerar melhorias ao transporte público escolar e, conseqüentemente, ao serviço prestado aos estudantes da UFC, *Campus Russas*, residentes na cidade de Jaguaruana, localizada no interior do Ceará. Para isso, essa adotou como procedimento metodológico o estudo de caso e o *survey* (levantamento), utilizando uma abordagem qualitativa e quantitativa, com objetivos exploratórios e descritivos, tendo sua natureza caracterizada como uma pesquisa aplicada. Dessa forma, a primeira etapa é composta pelo levantamento dos conceitos acerca dos temas trabalhados, já a segunda apresenta a coleta e tratamento dos dados para, na terceira, aplicar a metodologia MCC. Como resultados obteve-se a necessidade de intervenção no sistema de lubrificação e arrefecimento, para os quais foi possível identificar os modos de falha, funções significantes e definir as atividades de manutenção aplicáveis e efetivas aos componentes dos sistemas, o que permitiu a elaboração do plano de manutenção.

Palavras-chave: Transporte Público Escolar. Manutenção Centrada em Confiabilidade. Plano de Manutenção

ABSTRACT

In recent years, Brazil has witnessed an increase in the offer of places for Higher Education Institutions (HEI), provided by the introduction of various public policies. The increase in this number is, in part, due to the expansion of HEI to medium and small regions. Alongside this, a problem developed: the dependence of public transport on the part of students residing in neighboring cities to travel to the teaching centers. Thus, the provision of safe, quality and available public transport in schools is fundamental for the satisfaction of users and for reducing school dropout rates. Therefore, the objective of the study is to use the concepts of the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology to generate improvements in public transport in schools and, consequently, in the service provided to students at UFC, Campus Russas, residing in the city of Jaguaruana, located in the interior of Ceará. For this, it adopted as methodological procedure the case study and the survey (survey), using a qualitative and quantitative approach, with exploratory and descriptive objectives, having its nature characterized as an applied research. Thus, the first stage is composed of the survey of concepts about the themes worked, while the second presents the collection and processing of data, and in the third stage, applying the RCM methodology. As a result, the need for intervention in the lubrication and cooling system was obtained, for which it was possible to identify the failure modes, significant functions and define the applicable and effective maintenance activities to the system components, which allowed the preparation of the plan maintenance.

Keywords: School Public Transport. Reliability Centered Maintenance. Maintenance plan

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da manutenção.....	28
Figura 2 – Tipos de manutenção.....	29
Figura 3 – Fluxo de decisão das funções significantes.....	38
Figura 4 – Diagrama de decisão da classificação das funções significantes.....	39
Figura 5 – Diagrama de decisão estratégica.....	41
Figura 6 – Caracterização da pesquisa.....	49
Figura 7 – Etapas do estudo.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de usuários satisfeitos com o serviço oferecido.....	54
Gráfico 2 – Fatores que afetam a durabilidade do veículo.....	54
Gráfico 3 – Componentes que necessitam de manutenções periódicas.....	55
Gráfico 4 – Vivências relacionadas aos problemas nos componentes mecânicos.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis da FMEA.....	43
Quadro 2 – Critérios de Severidade (S).....	43
Quadro 3 – Índice de Detecção (D).....	44
Quadro 4 – Ocorrência (O) do modo de falha.....	44
Quadro 5 – Índice de risco RPN.....	44
Quadro 6 – Trabalhos com aplicação de MCC a transportes.....	45
Quadro 7 – Diagrama organizacional.....	58
Quadro 8 – Relação entre componentes e funções do subsistema.....	58
Quadro 9 – Análise dos modos de falha e seus efeitos.....	60
Quadro 10 – Seleção das funções significantes.....	63
Quadro 11 – Classificação das funções significantes.....	64
Quadro 12 – Seleção das atividades aplicáveis.....	65
Quadro 13 – Seleção das atividades efetivas.....	66
Quadro 14 – Seleção das atividades aplicáveis e efetivas.....	67
Quadro 15 – Definição da periodicidade das atividades.....	68
Quadro 16 – Plano de manutenção.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Anti lock Braking System
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CE	Ceará
DOECE	Diário Oficial do Estado do Ceará
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FIES	Fundo de Financiamento ao Estudante do Ensino Superior
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Instituições de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LTA	Logical Tree Analysis
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MEC	Ministério da Educação
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
MWM	Motoren Werke Mannheim
PNATE	Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar
RBM	Risk Based Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
REUNI	Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SEDUC	Secretaria de Educação
SISU	Sistema de Seleção Unificada
TPM	Total Productive Maintenance
TCE	Turboalimentado Aftercooler Eletrônico
TER	Transporte Escolar Rural
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Contextualização.....	15
1.2	Objetivos.....	16
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>17</i>
1.3	Justificativa.....	17
1.4	Estrutura do trabalho.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Serviço público no Brasil.....	20
<i>2.1.1</i>	<i>Serviço de transporte público escolar.....</i>	<i>21</i>
2.2	Manutenção.....	23
<i>2.2.1</i>	<i>Evolução da manutenção.....</i>	<i>24</i>
<i>2.2.1.1</i>	<i>Primeira geração.....</i>	<i>25</i>
<i>2.2.1.2</i>	<i>Segunda geração.....</i>	<i>25</i>
<i>2.2.1.3</i>	<i>Terceira geração.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2.1.4</i>	<i>Quarta geração.....</i>	<i>27</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Técnicas de manutenção.....</i>	<i>28</i>
<i>2.2.2.1</i>	<i>Manutenção corretiva não planejada.....</i>	<i>29</i>
<i>2.2.2.2</i>	<i>Manutenção corretiva planejada.....</i>	<i>30</i>
<i>2.2.2.3</i>	<i>Manutenção preventiva.....</i>	<i>30</i>
<i>2.2.2.4</i>	<i>Manutenção preditiva.....</i>	<i>31</i>
<i>2.2.2.5</i>	<i>Manutenção detectiva.....</i>	<i>32</i>
<i>2.2.2.6</i>	<i>Engenharia de manutenção.....</i>	<i>32</i>
2.3	Gestão da manutenção.....	33
<i>2.3.1</i>	<i>Manutenção Produtiva Total.....</i>	<i>34</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Manutenção Baseada em Risco.....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Manutenção Centrada em Confiabilidade.....</i>	<i>36</i>
<i>2.3.4</i>	<i>Ferramentas de suporte à MCC.....</i>	<i>42</i>
<i>2.3.4.1</i>	<i>Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA).....</i>	<i>42</i>

2.3.4.2	<i>Plano de manutenção</i>	45
2.4	Análise da literatura sobre MCC aplicada a transportes	46
2.4.1	<i>Síntese conclusiva sobre os estudos da MCC aplicada à transportes</i>	48
3	METODOLOGIA	49
3.1	Caracterização da pesquisa	49
3.2	Caracterização do objeto de estudo	50
3.3	Descrição das etapas	51
4.	APLICAÇÃO DA MCC	53
4.1	Seleção do sistema e coleta de informações	53
4.2	Análise dos modos de falhas e seus efeitos	59
4.3	Seleção das funções significantes	63
4.4	Seleção das atividades aplicáveis	65
4.5	Seleção da efetividade das atividades	66
4.6	Seleção das atividades aplicáveis e efetivas	67
4.7	Definição da periodicidade das atividades	68
4.8	Elaboração do plano de manutenção	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXO A – FORMULÁRIO ELETRÔNICO	81
	ANEXO B – COMENTÁRIOS OBTIDOS ATRAVÉS DO FORMULÁRIO ELETRÔNICO	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O Brasil tem presenciado nas últimas décadas um aumento na oferta de vagas para nas Instituições de Ensino Superior (IES), proporcionado pela instauração de diversas políticas públicas, como, por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), Sistema de Seleção Unificada (Sisu), Fundo de Financiamento ao Estudante do Ensino Superior (Fies), Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni) e Políticas de Ações Afirmativas (cotas) (DARIO; NUNES, 2017). Se tratando, em especial, das instituições de ensino público, Santos *et al.* (2020) comenta o crescente número nos últimos anos, dada a expansão das IES para as regiões de médio e pequeno porte. Devido a isso, uma problemática corriqueira vem se apresentando: a dependência do meio de transporte público por parte dos estudantes de cidades vizinhas para se locomoverem até os polos de ensino, sendo esses, nomeados de universitários viajantes (FREITAS; BRAGA, 2013).

O Art. 6º da Constituição Federal de 1988 assegura os direitos sociais oferecidos pelo Estado para com o público, estudantes da educação básica e fundamental, dentre eles, o serviço de transporte público escolar, que segundo Lopes *et al.* (2008, *apud* Collicchio *et al.*, 2013) é o serviço destinado à locomoção entre a residência e o ponto de ensino dos alunos da rede pública. Embora na constituição não esteja previsto o direito de transporte público para o público universitário, o projeto de lei nº, de 2017 prevê o uso do Transporte Escolar Rural (TER) adquiridos através do apoio da União aos estudantes do ensino técnico e superior, permitindo assim, viagens intermunicipais e interestaduais, visando abarcar essa parcela de estudantes. Ressalta-se ainda que, apesar da sua nomenclatura, os estudantes da zona urbana também são contemplados pelo projeto. Sendo assim, o TER possui um papel importante tanto para os estudantes como para a rede de educação pública, uma vez que surge para responder a necessidade de acesso às escolas.

Silva (2009) e Pinheiro (2013) destacam que o transporte público representa uma extensão da escola e desenvolve a educação do país, devendo ser seguro, eficiente e acessível a todos. Contudo, Collicchio *et al.* (2013) comentam que existem fatores negativos que reduzem a qualidade do serviço prestado, como grandes distâncias percorridas, regulação inapropriada, superlotação, veículos irregulares (falta de manutenção e componentes em geral), rotas em vias de conservação ruim, pontualidade e assiduidade. Portanto, o serviço de transporte público escolar apresenta grandes desafios ao governo, cabendo aos setores

responsáveis por este (secretarias municipais e estaduais de educação e demais órgãos) desenvolverem ações para garantir a melhoria contínua.

Devido ao grande número de usuários, o processo de mobilização se dá por veículos de médio e grande porte, como vans, micro-ônibus e ônibus e, assim como em um maquinário industrial, esses veículos precisam ser submetidos a contínuos acompanhamentos para que seu desempenho ocorra sem falhas. Neste sentido, a manutenção apresenta-se como um importante aliado, visto que, segundo Siqueira (2005), ela tem como objetivo assegurar que os equipamentos funcionem de acordo com o estabelecido pelos usuários, preservando suas funções e sistemas em operação. Como forma de alcançar este objetivo, faz uso de metodologias, como, por exemplo, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), que visa o funcionamento adequado do sistema, fornecendo qualidade e segurança aos usuários e confiabilidade do item.

A MCC é uma metodologia utilizada para planejar a manutenção industrial, visando determinar as atividades de manutenção aplicáveis, gerando confiabilidade e segurança. Fernandes (2005) afirma que a MCC é eficaz para a determinação dos tipos de manutenção e elaboração do plano de manutenção adequado a cada tipo de equipamento, pois identifica as funções e falhas de cada componente, relaciona as causas das falhas com os seus respectivos efeitos e determina as atividades de manutenção, levando em consideração a segurança, economia, operação e meio ambiente. Embora tenha sido criada e inicialmente adotada por empresas de manufatura, hoje, a MCC é aplicada às mais diversas áreas e setores, dentre eles, nos serviços de transporte¹.

Portanto, entendendo a importância do serviço de transporte escolar, atrelado à precariedade relatada, este estudo propõe analisar as condições físicas do transporte público destinado aos estudantes da UFC, *Campus Russas*, residentes na cidade de Jaguaruana, localizada no interior do Ceará, e utilizar os conceitos e metodologias de manutenção para propor melhorias ao serviço prestado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Utilizar os conceitos da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade para gerar melhorias ao transporte público escolar e, conseqüentemente, ao serviço prestado

¹ Ver estudos relatados no capítulo 3.

aos estudantes da UFC, *Campus Russas*, residentes na cidade de Jaguaruana, localizada no interior do Ceará.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica para construir o embasamento teórico necessário à aplicação da MCC em transportes;
- Realizar um diagnóstico acerca da atual situação do transporte público escolar da cidade de Jaguaruana;
- Aplicar a metodologia MCC para proporcionar melhorias ao transporte e, conseqüentemente, ao serviço ofertado;
- Propor um plano de manutenção para executar as atividades indicadas na aplicação da MCC.

1.3 Justificativa

O funcionamento adequado dos serviços públicos básicos, assegurados pela Constituição Federal de 1988, prestados à população brasileira, é crucial para o desenvolvimento saudável da sociedade. Dessa forma, o registro de informações como o crescimento populacional por áreas é indispensável na avaliação do nível de serviço prestado. A cidade de Jaguaruana, onde encontra-se o objeto deste estudo, segundo a Sinopse do Censo Demográfico de 2010 apresentava aproximadamente 32.236 habitantes. A estimativa para o ano de 2021 é de cerca de 33.960 habitantes, representando aumento percentual de 5,07% (IBGE, 2021).

Ainda de acordo com a Sinopse do Censo Demográfico de 2010, o município apresentava nesse ano uma taxa de escolaridade de alunos entre 6 a 14 anos de idade de 98,4%. Porém, de acordo com o Censo de Educação Básica 2010 e 2020, o número de matrículas realizadas por estudantes do ensino básico decresceu ao decorrer dos anos de 7.827 (2010) para 6.538 (2020), assim como as matrículas de alunos do ensino fundamental e médio, tendo redução de 4.974 (2010) para 3.625 (2020) e 1.507 (2010) para 1.256 (2020), respectivamente.

A partir da observação desses dados, se torna perceptível a redução do número de alunos matriculados e, conseqüentemente, a redução de alunos concluintes ao fim do período letivo. Parte dessa evasão pode ser explicada pela precariedade dos serviços de transporte

escolar. O Diário Oficial do Estado do Ceará (DOECE), divulgado em 10 de janeiro de 2017 apresenta o Decreto nº 001, de 02 de janeiro de 2017, que demonstra a necessidade emergencial da população jaguaruanesce em relação a escassez dos transportes escolares disponíveis no município. Tal necessidade é confirmada pelo Edital de Pregão Presencial Nº 23/2019-PP, disposto no Diário Oficial da União (2019), seção 3, no qual refere-se à contratação de locadora de veículos para suprir a demanda de transporte escolar da cidade.

Segundo o Diário do Nordeste (2018), dos 2,5 milhões de alunos matriculados nas redes públicas cearenses no ano de 2017, 625 mil utilizam o transporte público escolar para chegar às instituições de ensino, sendo que 88% destes transportes são ônibus, micro-ônibus, vans e kombis, transportando mais de 567 mil estudantes.

Tais dados mostram que o transporte público escolar é fundamental para a permanência do estudante na escolarização. No entanto, de acordo com o mais recente Relatório de Auditoria do Transporte Escolar (2015), realizado pelo Tribunal de Contas do Estado do Ceará, junto à Secretaria de Educação (SEDUC/CE), há evidências de problemáticas nos veículos utilizados. Com base nos entrevistados, 44,19% dos veículos trafegam sem a totalidade dos itens de segurança obrigatórios de forma cotidiana e 68,48 % contém mais de 10 anos de uso no transporte escolar, além da afirmação que 49,17% não apresentam cinto de segurança, sendo essa confirmada por 80,38% dos alunos. É válido acrescentar que apesar dos dados apresentados anteriormente destacarem os estudantes do ensino básico, temos a contemplação dos universitários, visto que as prefeituras municipais dispõem dos transportes escolares para uso dos estudantes de nível superior, onde frequentemente utilizam a mesma frota, devido a rotatividade desta.

A realidade apresentada é vivenciada pelos estudantes da UFC, *campus* Russas, residentes na cidade de Jaguaruana, os quais passam por dificuldades devido às condições do transporte público, como atrasos na chegada para as aulas em consequência, muitas vezes, da precariedade das condições físicas do veículo. Uma condição agravante dessa precariedade notada é o número elevado de alunos (maior do que a capacidade disponível). Segundo Anuário Estatístico UFC (2020), lançado no Portal UFC, o *Campus* Russas apresentava 747 matrículas em 2017.1, já no ano seguinte o número de matrículas subiu para 1019 no segundo semestre, representando um aumento de 26,69%. Em 2019.2 essa porcentagem cresceu para 35,32% em relação a 2017.1 e 11,77% considerando o ano de 2018.2.

Portanto, o serviço de transporte escolar fornecido aos indivíduos necessita possuir bom funcionamento, segurança, capacidade e estrutura apropriada para realizar a locomoção dos estudantes aos pontos de ensino, pois, segundo Collicchio *et al.* (2013), o

cenário desfavorável no qual esse está inserido, se torna um dos principais motivos para a evasão escolar, logo, conhecendo essa realidade de negligência no que diz respeito ao cumprimento do serviço de qualidade, se faz necessária a realização de pesquisas que visam estudar a eficiência dos municípios na provisão destes.

Nesse contexto, a aplicação da metodologia MCC ao transporte público escolar destinado aos estudantes da UFC, moradores da cidade de Jaguaruana, se justifica porque, através desta, é possível realizar a proposição e execução de ações que visem a melhoria do serviço prestado, em busca de promover maior satisfação e segurança dos usuários, contribuindo para garantir a permanência destes na universidade.

1.4 Estrutura do trabalho

A estruturação do trabalho é composta por seis capítulos. O primeiro apresenta a contextualização e problemática do estudo, os objetivos a serem alcançados, assim como justificativa da sua realização.

O capítulo dois diz respeito ao referencial teórico, tendo por finalidade o embasamento conceitual do estudo. Para isso, traz dados acerca do serviço de transporte público escolar no Brasil, apresenta conceitos da aplicação da metodologia MCC e desenvolvimento de planos de manutenção, além de realizar uma análise da literatura acerca de trabalhos que fazem uso da metodologia MCC para avaliar veículos e seus componentes.

No capítulo três encontra-se a metodologia, sendo composta pela caracterização da pesquisa, caracterização do objeto de estudo e descrição das etapas para desenvolvimento do trabalho.

O capítulo quatro apresenta a aplicação do metodologia MCC, que permitiu o desenvolvimento do plano de manutenção.

Por fim, o capítulo cinco contém as considerações finais do estudo, com a síntese do que foi exposto ao decorrer do trabalho, bem como as dificuldades enfrentadas, melhorias e proposição de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será apresentada a base conceitual utilizada na realização do presente estudo, sendo abordado conceitos de serviços públicos, gestão da manutenção, metodologias da manutenção e análise de trabalhos semelhantes.

2.1 Serviço público no Brasil

Cretella Junior (2012) define amplamente serviço público como toda atividade realizada pelo Estado, seja ela de forma direta ou indireta, a fim de atender às necessidades da população, por meio dos direitos públicos. No entanto, Pietro (2012) relata que os serviços públicos disponíveis à administração interna do Estado não são usufruídos de forma direta pelo público.

Partindo para uma afirmativa mais específica, Meirelles e Filho (2016, p. 418) conceitua o serviço público como “Todo aquele prestado pela Administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou simples conveniências do Estado.”

Os serviços públicos existentes no Brasil são assegurados pela Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada no ano de 1988. Dessa forma, fica subentendido que os brasileiros terão acesso fácil a tais serviços, assim cumprindo os deveres como cidadãos, mas se sabe que na prática o funcionamento dessas regras ocorre de maneira lenta. Dessa forma, a ação da constituição em adotar o Estado Democrático do Direito como modelo político, o que significa dizer que o povo tem participação na formação e influência nas decisões estatais, é necessária, assim como a melhoria deste, devido o número elevado de usuários insatisfeitos com a forma que vem sendo aplicado. A organização da constituição prevê os objetivos fundamentais ao público, no qual pode-se observar no Art. 3º (BRASIL, 2016, p. 12).

- I–construir uma sociedade livre, justa e solidária;
- II–garantir o desenvolvimento nacional;
- III–erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais;
- IV–promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação.

A Constituição Federal realizou a listagem dos serviços públicos, e assim dividiu-os entre os componentes existentes na federação brasileira a competência por tais. Sendo assim, fica sob responsabilidade de cada componente a prestação dos serviços. No capítulo III, Art. 25º consta os serviços destinadas aos Estados Federativos, o § 1º assegurou serviços que não lhes sejam vetados na constituição, ou seja, que não se tem privatização à união ou não se tem interesse por parte dos municípios, seguindo do § 2º que corresponde à exploração local do gás canalizado como forma de regularização, por fim, o § 3º confirma o poder de instituir aglomerações urbanas, regiões metropolitanas e microrregiões para integrar as etapas das funções públicas, sendo elas a organização, planejamento e execução (BRASIL, 2016).

O Art. 30º prevê as competências destinadas aos Municípios, apresentados a seguir (BRASIL, 2016, p. 35).

- I–legislar sobre assuntos de interesse local;
- II–suplementar a legislação federal e a estadual no que couber;
- III–instituir e arrecadar os tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas, sem prejuízo da obrigatoriedade de prestar contas e publicar balancetes nos prazos fixados em lei; IV–criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual;
- V–organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;
- VI–manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação infantil e de ensino fundamental;
- VII–prestar, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, serviços de atendimento à saúde da população;
- VIII–promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;
- IX–promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual.

Dessa forma, serviços públicos como atendimentos à saúde da população, educação de ensino básico ao médio, bem como programas de aprendizagem e incentivo à permanência na escola, segurança, preservação sociocultural do local e transporte público disponíveis à população são de responsabilidade do município e indispensáveis à evolução da sociedade.

2.1.1 Serviço de transporte público escolar

O serviço de transporte público assegurado pelo poder municipal é fundamental à locomoção fácil da população, prioritariamente para aqueles cuja condição financeira não permite a aquisição de meios de transportes próprios. Devido isso, o transporte público escolar é valioso aos alunos da escola pública, sendo previsto na constituição federal de 1988, a fim de fomentar o acesso à educação.

O Art. 208º da constituição dá garantias de efetivação da educação pelo Estado, destacando no inciso VII a alimentação, assistência à saúde, transporte e atendimento aos alunos em todas as etapas do ensino básico, através de programas escolares. O Projeto de Lei nº 10.709, promulgado em 31 de julho de 2003, no Art. 2º, cita a obrigatoriedade do governo municipal em dispor o transporte público escolar aos alunos da rede municipal, afirmando a importância deste serviço (BRASIL, 2003).

Como modo de manter a aplicação dos artigos anteriormente previstos, foi criado o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que rege programas suplementares à educação. O portal do Ministério da Educação – MEC (2021) apresenta que o FNDE foi criado no ano de 1968, pelo projeto de lei nº 5.537, sendo responsável pelas políticas educacionais do MEC, ou seja, por estabelecer critérios, regras e normas para os municípios, estados e Distrito Federal na aderência de programas educacionais.

A lei de nº 10.880, promulgada em 9 de junho de 2004, contém o Art. 1º que sanciona o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE) e o Programa de Apoio aos Sistemas de Ensino para Atendimento à Educação de Jovens e Adultos no que diz respeito ao repasse financeiro. O Art. 2º desta mesma lei, apresenta o objetivo principal do programa PNATE (BRASIL, 2004, p. 1):

Fica instituído o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar - PNATE, no âmbito do Ministério da Educação, a ser executado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE, com o objetivo de oferecer transporte escolar aos alunos da educação básica pública, residentes em área rural, por meio de assistência financeira, em caráter suplementar, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, observadas as disposições desta Lei.

O Programa Caminho da Escola, criado pela Resolução nº 3, de 28 de março de 2007, no Art. 1º visa a aprovação de diretrizes para que os Municípios, Estados e o Distrito Federal entrem no programa, buscando recursos financeiros junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a fim de adquirir novos ônibus de transporte escolar, destinados aos alunos de zona rural pertencentes ao programa.

O Guia de Transporte Escolar coloca como objetivos principais do Programa Caminho da Escola a renovação da frota de transportes públicos escolares, a segurança, qualidade, redução da evasão, fomento à permanência de alunos residentes em área rural na escola, transparência na aquisição dos veículos, assim como a redução do preço destes.

Dessa forma, é possível perceber a importância da disponibilização do transporte público escolar. Todavia, é necessária a ampliação deste serviço, devido ao aumento das IES em regiões de médio porte, expandindo o número de usuários ingressantes no ensino superior,

sendo grande parte de cidades vizinhas aos polos, gerando uma nova problemática, que diz respeito à locomoção dos universitários ao *campus* de ensino.

Em busca de minimizar este problema, foi criado o projeto de lei de nº, de 2017, onde apresenta no Art. 2º a alteração do Art. 5º do projeto de lei nº 12.816, promulgada em 5 de junho de 2013, o qual dispõe sobre o apoio da União às redes públicas na aquisição de veículos para o transporte escolar, fazendo-a vigorar da seguinte forma (BRASIL, 2017):

Art. 5º

Os veículos referidos no caput, além do uso na área rural e desde que não haja prejuízo às finalidades do apoio concedido pela União, poderão ser utilizados para o transporte de estudantes da zona urbana e para estudantes da educação superior, tanto para deslocamentos locais quanto para deslocamentos intermunicipais ou interestaduais, conforme regulamentação a ser expedida pelos Estados, Distrito Federal e Municípios.

O contexto apresentado mostra a importância do fornecimento do serviço de transporte público escolar. Ressalta-se então a necessidade de se zelar pelo serviço prestado, a fim de reduzir gastos com manutenções por partes dos órgãos públicos e garantir sua disponibilidade aos indivíduos que o utilizam em suas rotinas.

2.2 Manutenção

Para Brito (2005), a manutenção pode ser definida como um conjunto de ações que tem por finalidade prevenir ou corrigir as falhas de um equipamento através de sua aplicação. Indo ao encontro a afirmação anterior, Xenos (1998, p. 18) define a manutenção como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

As ações desenvolvidas pela função manutenção tem por finalidade fornecer confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, ou seja, que funcionem sem falhas nas condições estabelecidas, atendendo as necessidades das empresas e clientes, mantendo a segurança do processo, redução dos custos e preservação do meio ambiente (SMITH; MOBLEY, 2011; KARDEC; NASCIF, 2012).

A manutenção é a medicina das máquinas, onde a área trabalha com o objetivo de proporcionar boa saúde e longevidade aos equipamentos, funcionando de forma análoga à medicina dos humanos (MONCHY, 1987; LABRE, 2019). Com isso, Gits (1992) diz que a concepção da função manutenção necessita de objetivos bem estabelecidos, delineamento administrativo e procedimentos para guiar a aplicação das tarefas de manutenção.

De acordo com Moubray (1997), a manutenção reage amplamente às mudanças ao longo dos tempos, devido às variadas técnicas e metodologias que a compõem, permitindo a detecção das falhas, implicando na redução dos danos que estas causam à segurança, meio ambiente, operação e custos, assim como fomentação da qualidade do produto e disponibilidade dos equipamentos. Segundo Costa (2013), as mudanças mais recentes da função manutenção envolvem não somente aspectos preservativos e corretivos, mas incluem também aspectos humanos, de custos e confiabilidade.

Nesse contexto, a manutenção busca auxiliar na melhoria do desempenho organizacional, atuando fortemente nas dimensões percebidas pelos usuários, sendo estas definidas por Slack *et al.* (2009) como qualidade, confiabilidade, flexibilidade, rapidez e custo. Dessa forma, deixou de ser somente uma área responsável pela correção dos equipamentos, e passou a ser uma ferramenta essencial na tomada de decisão e no alcance dos objetivos.

A manutenção representa a estratégia da empresa, necessitando estar direcionada para os resultados da organização, tendo como foco a implementação de ações que tenham potencial de reconhecimento pelos usuários. Assim, deve ser gerenciada de forma excelente, garantindo eficiência e confiabilidade dos equipamentos, possibilitando ao cliente a percepção do valor gerado em todas as dimensões da qualidade (SANTOS; PACHECO, 2016). Ressalta-se ainda que a manutenção inicialmente não possuía este carácter estratégico, onde a sua finalidade principal baseava-se em reparos simples e com o decorrer das décadas passou-se a ter uma visão mais gerencial, devido à crescente industrialização.

2.2.1 Evolução da manutenção

A manutenção sempre existiu, embora que despercebida. Desde o início dos tempos a humanidade busca desenvolver ferramentas que auxiliassem no manuseio de instrumentos de uso diário ou de produção. Dessa forma, reparos simples nos objetos e utensílios de trabalho eram efetuados com o objetivo de conserva-los (COSTA, 2013).

Ao longo dos anos, com o crescimento populacional e surgimento de novas habilidades, foram dando procedência a novas formas de produção. Surgindo assim, os artesões, ao qual produziam produtos demandados pela sociedade como cerâmicas, tecidos, armas entre outros (CARNEIRO, 2019). Este processo produtivo caracterizava-se pelo baixo índice produtivo, visto que a maior parte do trabalho era efetuado de forma manual e sem

divisão de trabalho, ou seja, determinado item era produzido por um único artesão, exclusivamente, do início ao fim (HOBSBAWN, 2010).

Ademais, Viana (2002) comenta que foi apenas em 1900 que se firmaram as primeiras técnicas de planejamento de serviços. Desse modo, a crescente industrialização e modelos de gestão deram impulso ao desenvolvimento de novas atividades de manutenção, onde sua evolução apresenta-se em quatro gerações distintas com início em 1930, de acordo com Kardec e Nascif (2009).

2.2.1.1 Primeira geração

Pascoli (1994) nos diz que a manutenção apresenta os primeiros registros ainda na era Vikings, no século X, os quais utilizavam a manutenção para manter seus navios em perfeitas condições para as batalhas. Já sobre a manutenção industrial, Viana (2002) comenta que está surge efetivamente no século XVI, junto aos primeiros instrumentos mecânicos, sendo essa época marcada pelo abandono da produção artesanal e o sistema de economia feudal, dando início à existência de contrastantes formas de produção.

No entanto, foi somente com a Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, a qual marca a transição do regime feudal para o capitalista, que a manutenção emergiu na indústria, devido ao avanço tecnológico que permitia fomentar a capacidade de produção de bens e consumo (VIANA, 2002; COSTA, 2013). Vale ressaltar que nesta época o próprio operador do maquinário era responsável pela sua manutenção, o qual era treinado pelo fabricante do maquinário para realizar reparos pequenos, a fim de preservá-los (WYREBSK, 1997; VIANA, 2002). Embora houvesse pessoal responsável pela manutenção, os operários eram subordinados à função, executando as correções emergenciais, implicando em correções após a quebra, gerando a indisponibilidade do maquinário (COSTA, 2013).

Segundo Tavares (1999), essa prática de produção e manutenção realizada pelo próprio operador se estendeu até a I Guerra Mundial, ocorrida em 1914. Com a primeira guerra, culminada pela necessidade por matéria-prima e mão de obra, devido à alta demanda crescente de recursos para viabilizar o combate, Henry Ford inseriu as linhas de montagem, desenvolvendo e criando equipes que atendessem as necessidades do sistema produtivos, demandando atividades de manutenção ágeis (FILHO, 2008).

A primeira geração se estendeu até o início da segunda guerra mundial, quando não se tinha uma manutenção sistêmica, logo, as atividades eram resumidas à limpeza, lubrificação e reparo após a quebra do equipamento. (KARDEC; NASCIF, 2009; SOARES,

2017; PINTO; XAVIER, 2001). Naquela época a indústria não era mecanizada e a prevenção de equipamentos falhos não era prioridade para os gerentes, de forma que o conserto só ocorria após a quebra, assim, a manutenção era fundamentalmente corretiva, a qual intervia no equipamento, restabelecendo sua função (MOUBRAY, 1997; PINTO; XAVIER, 2001; DANTAS, 2018).

2.2.1.2 Segunda geração

A Segunda Revolução Industrial iniciou-se na metade do XIX, representando um novo período de industrialização, o qual se expandiu em diversos países, simbolizando os avanços tecnológicos da humanidade, surgimento de novas indústrias, o aumento da capacidade produtiva e novas técnicas, tendo como característica o uso do aço, ferro e petróleo.

Esse período se estendeu até a Segunda Guerra Mundial, datada entre 1939 e 1945, desencadeada devido a diversos fatores como economia, sociedade e atritos políticos entre diferentes países. Esta deu impulso à mecanização industrial, devido à necessidade de armas e equipamentos (MOUBRAY, 1997).

Como resultado, iniciou-se a segunda geração, que transcorreu durante os anos 1950 a 1970, marcada pela necessidade de produções mais enxutas e maiores, tendo a prática de monitorar as máquinas e equipamentos com base no tempo, cujo objetivo era evitar as falhas (COSTA, 2013). Desse modo, surge em 1960 as primeiras intervenções da manutenção preventiva, emergindo assim a confiabilidade e disponibilidade como forma de garantir a produtividade e atender às necessidades dos clientes no cenário pós-guerra (KARDEC; NASCIF, 2009; CARNEIRO, 2019).

2.2.1.3 Terceira geração

Em meados do século XX iniciou-se a Terceira Revolução Industrial, marcada pelo desenvolvimento de alta tecnologia nas indústrias, se sobressaindo das marcadas na revolução anterior como metalúrgica e siderurgia, surgindo assim, a robótica, informática, eletrônica dentre outros.

A terceira geração da manutenção teve início a partir da década de 1970. Nessa fase, as indústrias de papel, cimento, siderúrgicas e as petroquímicas obtiveram grande aumento de capital, conseqüentemente a expansão de suas plantas, com isso a manutenção

que era constituída pela intervenção nos equipamentos em intervalos fixos, realizando paradas no processo produtivo, a qual geravam aumento nos custos operacionais e reduziam a qualidade do produto, obteve exigência gerencial acerca do aprimoramento das técnicas de execução e de gestão da manutenção (CARNEIRO, 2019).

Desse modo, Tavares (2000) comenta que em 1980, o desenvolvimento dos microcomputadores possibilitou maior independência das equipes de manutenção para criar seus programas, facilitando o manuseio e analisar das informações, onde a aproximação dessas áreas buscaram trabalhar com sinergia para otimizar a qualidade e produtividade. Neste contexto, foi dada maior visibilidade aos conceitos de disponibilidade e confiabilidade, que passaram a ser utilizados com maior seriedade pela engenharia e indústria, visto que as quebras poderiam afetar a segurança e meio ambiente (KARDEC; NASCIF, 2009). Dessa forma, esta geração foi marcada pela ascensão da manutenção preditiva, em busca de maior disponibilidade, confiabilidade, eficiência dos custos e menos danos ao meio ambiente (MOUBRAY, 1997).

2.2.1.4 Quarta geração

A quarta geração teve seu início a partir de 1990, a qual pode ser considerada como uma extensão da geração anterior, pois trata dos mesmos conceitos. Nesta, a busca pela melhoria em confiabilidade e disponibilidade apresentam-se de forma eficiente, diminuindo retrabalhos e falhas na produção, devido à crescente exigência por qualidade dos produtos por parte dos consumidores (COSTA, 2013). Dessa forma, a manutenção assume um papel estratégico dentro das organizações (FILHO, 2008).

Kardec e Nascif (2009) apresentam, na quarta geração, a Engenharia da Manutenção, fundamentada principalmente pela consolidação dos conceitos de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, onde juntas justificam a existência da estrutura organizacional da manutenção. O autor comenta ainda que o principal desafio da manutenção é minimização das falhas prematuras e ou falhas de mortalidade infantil.

Neste contexto, a manutenção busca intervir cada vez menos nas plantas, sendo assim, as práticas de manutenções preditivas e averiguação das condições dos processos são cada vez mais utilizadas, em oposição ocorre a redução do uso de manutenções programadas ou preventivas, devido à paralisação dos sistemas de produção (KARDEC; NASCIF, 2009).

Ademais, conhecendo o processo evolutivo da manutenção ao longo dos anos, pode-se afirmar que a manutenção detém de um papel importante dentro das organizações, a

qual impacta diretamente na geração de valor ao consumidor final, trazendo como resultado a qualidade, a qual, segundo Kardec e Nascif (2009), está associada a um bom projeto, que conta com a interação das áreas de engenharia, manutenção e operação, sendo esta a sistemática adotada pelas empresas de classe mundial. A Figura 1 demonstra a trajetória das quatro gerações citadas.

Figura 1 – Evolução da manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados

Fonte: Kardec e Nascif (2009)

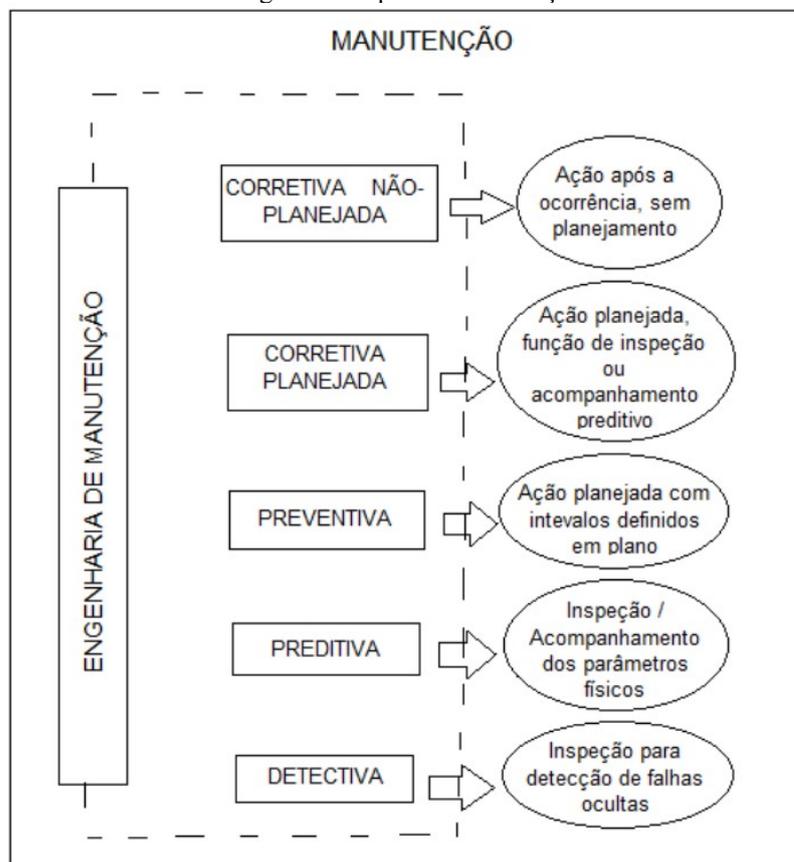
Após o conhecimento da história evolutiva da manutenção, pode-se apresentar as técnicas desenvolvidas ao longo desta.

2.2.2 Técnicas de manutenção

As técnicas de manutenção são caracterizadas pela forma como é realizada as intervenções de melhorias no sistema, equipamento ou instalações (COSTA, 2013; PINTO; XAVIER, 2007). Siqueira (2009) afirma que a manutenção se subdivide em diversos tipos, considerando o planejamento das atividades, que podem ocorrer em tempo pré-determinado ou sem planejamento prévio, a depender dos objetivos das técnicas de manutenção.

Conforme apresentado na Figura 2, essas podem ser classificadas como manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009; COSTA, 2013; PINTO; XAVIER, 2007; LABRE, 2019).

Figura 2 – Tipos de manutenção



Fonte: Kardec e Nascif (2009)

2.2.2.1 Manutenção corretiva não planejada

É conhecida manutenção corretiva não programada ou emergência, onde ocorre a realização de manutenção de algum fato que já tenha acontecido, seja este devido à presença de novas falhas ou baixo desempenho, no qual não há tempo para a preparação correta do serviço a ser executado (KARDEC; NASCIF, 2009). Sendo assim, é realizada somente após a

quebra, sendo, portanto, caracterizada pela intervenção em falhas aleatórias, gerando perda de função e paradas do processo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002; NBR 5462, 1994).

Dessa forma, além dos prejuízos à qualidade, gera altos custos e baixa confiabilidade do processo produtivo, devido à ociosidade, necessidade de peças sobressalentes, trabalho extra e danos exercidos sobre os equipamentos, os quais podem ser irreversíveis (OTANI; MACHADO, 2008; ALMEIDA, 2000).

2.2.2.2 Manutenção corretiva planejada

Kardec e Nascif (2009, p. 41) afirmam que a manutenção corretiva planejada “é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial”. Assim, pode-se afirmar que a quebra ocorre por decisão da gerência em operar até a falha ou intervir somente após a liberação. Os autores afirmam, ainda, que tal intervenção visa eliminar danos aos instrumentos da produção, possuindo custos baixos, firmando segurança ao trabalhador, qualidade do serviço e preservação do meio ambiente.

Contudo, Xenos (1998) afirma que esse tipo de manutenção apresenta custos baixos quando comparada à atividade de prevenir falhas, porém, a corretiva pode causar perdas maiores à produção, devido à sua interrupção inesperada, visto que não há a preparação e planejamento prévio da atividade diferentemente da preventiva, a qual realiza o acompanhamento constante das atividades e condições dos equipamentos.

Para Moro e Auras (2007), a manutenção corretiva planejada tem como característica principal o uso de ações imediatas de curto prazo. Estas ações têm por objetivo o retorno da função de um equipamento que está operando de forma incorreta. Ademais, a adoção dessa política possibilita compatibilidades entre o serviço de manutenção e o processo produtivo, gera segurança à empresa e seus colaboradores e melhora o planejamento do serviço, pois possibilita a garantia de equipamentos e peças reservas (KARDEC; NASCEF, 2009).

2.2.2.3 Manutenção preventiva

Para Smith e Mobley (2011) a manutenção preventiva consiste na descoberta de falhas para que as atividades de manutenção possam ser programadas e executadas em intervalos específicos. Corroborando com esta afirmação, Kardec e Nascif (2009), relatam

que a manutenção preventiva é a atividade realizada para evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir, seguindo um plano elaborado com intervalos de tempo pré-estabelecidos. Viana (2002) a define ainda como todo tipo de manutenção efetuada antes da incidência de falhas ou quebras, estando o equipamento em operação e sem defeitos.

Smith e Mobley (2011) citam a lubrificação, inspeção, monitoramento do equipamento e verificação operacional como algumas das atividades desenvolvidas nesse tipo de manutenção. Patton Jr. (1983) comenta que o alicerce de todas as manutenções, envolve atividades de inspeção, substituição de peças com defeitos e reformas. Xenos (1998) reforça essa ideia ao declarar a manutenção preventiva como a principal atividade que uma empresa necessita efetuar, sendo ela o coração de todos os tipos de manutenção.

A efetuação da manutenção preventiva ocorre através de padrões, com detalhes de execução e periodicidade, normalmente definidos pelos fabricantes dos equipamentos, gerando alta eficiência operacional, se comparada à manutenção corretiva. Dessa forma, seu uso acarreta na redução de custos, devido à programação da atividade, não sendo necessário grandes estoques de peças, compras emergenciais e perdas no processo (LABRE, 2019).

Ademais, os pontos positivos da manutenção preventiva relacionam-se ao conhecimento prévio dos serviços, permitindo o seu planejamento e previsão dos recursos necessários. Já os fatores negativos correspondem à introdução de defeitos ao maquinário como a falha humana, contaminação do sistema de óleo e danos na parada e partida (KARDEC, NASCIF, 2009).

2.2.2.4 Manutenção preditiva

Kardec e Nascif (2009, p. 45) definem manutenção preditiva como “a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”. O objetivo desta manutenção é determinar o tempo para a intervenção corretiva, visando evitar paradas para inspeção e utilização máxima da vida útil do equipamento (VIANA, 2002).

Para isso, monitora o comportamento físico dos equipamentos, através de instrumentos como sensores de vibração e imagem infravermelha, os quais são utilizados a fim de detectar problemas na tentativa de evitar falhas (SMITH; MOBLEY, 2011). A detecção das anomalias permite realizar o diagnóstico precoce das falhas, possibilitando executar ações no momento e medida certa (TOAZZA; SELLITTO, 2015). Da mesma forma, Viana (2002) comenta que são atividades que visam o acompanhamento do equipamento,

através do monitoramento, medições e controle estatístico, para tentar prever a proximidade da ocorrência de falha.

2.2.2.5 Manutenção detectiva

Este tipo de manutenção é utilizado somente em organizações cujo nível de automação é alta. Segundo Souza (2008), o objetivo da manutenção detectiva é fomentar a confiabilidade dos equipamentos, intervindo em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas, as quais são imperceptíveis aos operadores. Kardec e Nascif (2009, p. 47) reforçam essa afirmação ao definir a manutenção detectiva como “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção”. Sendo assim, caracteriza-se como a manutenção preditiva de sistemas de controle (MORO; AURAS, 2007).

Esse tipo de tarefa utiliza sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis e vários outros programas de controle, sendo estes somente realizados com o uso de computadores (KARDEC; NASCIF, 2009; COSTA, 2013). Ferreira (2009, p. 23) comenta um exemplo de utilização da manutenção detectiva, como forma de garantir confiabilidade:

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade.

Este tipo de manutenção difere da preditiva quanto à realização do diagnóstico do item, sendo este, na detectiva, obtido através do processamento dos dados coletados pelo sistema de controle (LABRE, 2019).

2.2.2.6 Engenharia de manutenção

Kardec e Nascif (2009) descrevem a engenharia de manutenção como uma mudança cultural, sendo utilizada como suporte técnico na consolidação da rotina e implantação de melhorias através da execução das atividades de manutenção. Desse modo, abandona a prática de corrigir, para investigar as causas básicas das quebras, melhorando os padrões e sistemáticas, fazendo uso de técnicas evoluídas.

As técnicas utilizadas pela engenharia de manutenção responsabilizam-se por aplicar, monitorar, coletar e analisar os dados obtidos através dos diversos tipos de

manutenção abordados pela organização (LABRE, 2019). Portanto, Segundo Costa (2013), a engenharia de manutenção representa uma quebra de paradigma, uma vez que promove a mudança em atividades rotineiras e a consolidação da política de melhoria contínua, já que a empresa que a utiliza não está apenas aplicando a manutenção preditiva, mas também alimentando seu banco de informações sobre os equipamentos e sistemas, permitindo a análise e proposição de melhorias futuras.

Para Viana (2002), a engenharia de manutenção tem por objetivo o processo do uso de tecnologias na manutenção, onde aplica-se conhecimento científico e empírico para solucionar problemas, trazendo melhorias como maior produtividade, segurança e menos danos ao meio ambiente. Assim, a engenharia de manutenção busca aumentar a eficiência da gestão de manutenção. Moro e Auras (2007) comentam que este tipo é o nível mais alto de investimento em manutenção, representando elevados custos.

A área da engenharia de manutenção deve ser dominada por uma equipe de técnicos e engenheiros, que detenham conhecimento e domínio acerca das ciências utilizadas, onde os técnicos responsabilizam-se pela aplicação das ferramentas de manutenção, enquanto que os engenheiros gerenciam os serviços desenvolvidos, buscando fornecedores de materiais e equipamentos, a fim de alcançar maiores níveis de qualidade e redução de custos (VIANA, 2002).

2.3 Gestão da manutenção

Segundo Souza (2008), a gestão da manutenção deve estar relacionada aos conjuntos de ações, decisões e definições acerca de tudo que necessita ser realizado, utilizado, possuído, coordenado e controlado, a fim de gerir recursos disponíveis para a função manutenção e disponibilizar serviços aguardados. Fuentes (2006) apresenta, como objetivos desta, o planejamento, execução e controle das atividades de manutenção.

Xenos (2004) diz que o planejamento da manutenção determina o método mais adequado ao item presente no processo. A identificação desse método parte da coleta de dados acerca dos componentes existentes no processo, como a taxa de falhas e custos envolvidos para a recuperação destes, garantindo vantagens como o diagnóstico dos principais gargalos, delegação de tarefas de manutenção e melhorias no processo (GERÔNIMO; LEITE; OLIVEIRA, 2017).

A gestão da manutenção apresenta diversas metodologias, sendo estas voltadas ao planejamento e análise do item, acarretando na determinação das atividades de manutenção,

possibilitando a melhoria contínua do maquinário. Para Fuentes (2006), a definição da metodologia adequada necessita da análise de fatores como o tempo de funcionamento, tempo máximo para reparo, itens críticos, tecnologia disponível, risco associados ao processo, custos relacionados à perda na produção e reparos.

Diversas abordagens têm sido trabalhadas, das quais Fuentes (2006) destaca as metodologias mais utilizadas pelas empresas, sendo elas a Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance - RCM*), Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance - TPM*) e Manutenção Baseada no Risco (*Risk Based Maintenance - RBM*).

Estas metodologias contribuem para o sucesso empresarial, mas a maneira improvisada com a qual são introduzidas pode não resultar na otimização do processo (COETZEE, 1999). A implementação e aplicação das metodologias apresentam melhorias, umas mais positivas que outras, mas todas auxiliam de alguma forma a gestão da manutenção, possibilitando o alcance dos objetivos pré-estabelecidos.

2.3.1 Manutenção Produtiva Total

O termo TPM, do inglês Total Productive Maintenance, quando traduzido, significa Manutenção Produtiva Total. Surgiu na década de 60 no Japão, propondo uma abordagem nova na manutenção industrial, sendo esta responsável por uma parcela do sucesso econômico do país, considerando o fato de buscar o fomento da qualidade em processos (MARTINS; LAUGENI, 2015; NETTO, 2008; EMANUEL, 2012).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2011), a TPM pode ser definida como um método de controle da manutenção, utilizado com a finalidade de implementar melhoria contínua, reduzindo a ocorrência de possíveis falhas. Ao encontro dessa ideia, Moraes (2004) diz que o objetivo é criar uma cultura de melhoria da eficiência, através da prevenção de falhas, atingindo assim, zero quebras e falhas durante a vida útil do equipamento.

Tavares (1999) comenta que a TPM reformula e melhora a estrutura organizacional por meio da reestruturação dos equipamentos e pessoas, em todos os níveis hierárquicos. Sendo assim, ocorre gradativamente dentro das organizações, analisando os equipamentos e pessoal envolvido na operação para promover a reestruturação desta, sendo necessária a participação de todos no alcance das metas estabelecidas (CORRÊA; CORRÊA 2007).

Acrescenta-se ainda que a metodologia tem por finalidade principal a realização de manutenções pelos operários, visto que não existe ninguém melhor do que o operador para conhecer o funcionamento do equipamento ou processo (FUENTES, 2006). Segundo Martins e Laugeni (2015) a TPM segue três princípios fundamentais, conforme apresentado a seguir:

- Melhoria das pessoas: busca desenvolver, preparar e motivar as pessoas para atingir o objetivo da TPM em nível adequado;
- Melhoria dos equipamentos: melhorar todos os equipamentos da organização a fim de obter ganhos de produtividade;
- Qualidade total: sua implementação deve ser realizada simultaneamente à implementação de programas de qualidade e produtividade.

Para alcançar e seguir estes princípios a TPM baseia-se na aplicação de oito pilares fundamentais, responsáveis por implementar a metodologia nas organizações, sendo estes: Educação e Treinamento; Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Segurança e Meio Ambiente; Manutenção da Qualidade; Controle Inicial; Gestão administrativa (LOTTERMANN, 2014; BIEHL; SELLITTO, 2015; MORAES, 2004). Costa (2013) afirma que a junção desses oito pilares é essencial para alcançar o objetivo de “zero falha”, alcançada através da capacitação técnica dos colaboradores e melhoria contínua dos processos, resultando na diminuição dos custos de manutenção (CORRÊA; CORRÊA, 2007; GERÔNIMO; LEITE; OLIVEIRA, 2017).

2.3.2 Manutenção Baseada em Risco

A RBM (Risk Based Maintenance), significa Manutenção Baseada em Risco e é definida como um modelo de gestão da manutenção para análise quantitativa dos riscos, visando a redução dos perigos causados por falhas imprevisíveis nos equipamentos, de forma viável em termos econômicos, gerando o aperfeiçoamento contínuo das tarefas de manutenção (GARG; DESHMUKH, 2006; THOM, 2018).

Segundo Kauer *et al.* (2002), para elaborar um programa de manutenção é fundamental o conhecimento acerca dos riscos e os aspectos de aceitação do público externo e interno, como autoridades e gerência. Assim, a metodologia da manutenção baseada no risco é utilizada como uma ferramenta de tomada de decisão, objetivando a redução de falhas e causas das falhas, gerando confiabilidade e reduzindo custos (THOM, 2018).

A análise dos riscos está ligada à identificação das falhas, causas e consequências. Fuentes (2006) comenta que a implementação da RBM tem o objetivo de reduzir falhas que

desencadeariam em acidentes, sejam humanos ou ambientais, através do uso de um conjunto de recomendações acerca das atividades preventivas, em termos de quantidade e profundidade.

Reforçando o comentário anterior, Reis (2018) diz que a RBM busca a adoção de estratégias de manutenções que reduza falhas e efeitos negativos, resultando em ganhos de confiabilidade do equipamento e cortes de custos de manutenção.

A metodologia RBM fundamenta-se em alguns princípios, apresentados a seguir (FUENTES, 2006; THOM, 2018).

- Determinação do risco: esse módulo identifica e mensura os riscos através de quatro etapas, sendo elas, descrição do cenário das falhas, avaliação dos efeitos das falhas, análise da probabilidade de ocorrência da falhas e estimação do risco;
- Avaliação do risco: estimar o risco com base em critérios de aceitação do nível do risco, definindo assim as estratégias de manutenção e priorização fundamentadas na análise das falhas e consequências identificadas;
- Planejamento da manutenção considerando os critérios de risco: estima o intervalo ideal para a realização das manutenções, com o objetivo de reduzir os riscos.

Sendo assim, a análise obtida através da aplicação da metodologia RBM visa a determinação de um plano de manutenção, tendo como intuito principal a minimização do nível de risco (FUENTES, 2006).

2.3.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade

Segundo Seeling (2000), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), traduzida do inglês *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, surgiu com os jatos comerciais de grande porte na década de 60 com a finalidade de assegurar a manutenção efetuada em aviões. Já na década de 70, o seu uso se estendeu a navios, exército e força área americana.

Moubray (1997, p.7) define a MCC como “um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer ativo físico em seu contexto operacional”. Por isso, pode-se dizer que é uma metodologia que estuda um sistema ou um equipamento, analisando suas funções e falhas, de modo a apresentar a melhor forma de realizar manutenções, buscando a prevenção e minimização destas (KARDEC; NASCIF, 2009). A adoção desse método buscava reduzir as falhas dos equipamentos e os tempos de manutenção preventiva, aumentando a disponibilidade das instalações e, conseqüentemente, a sua produção (SEELING, 2000).

A MCC é definida como um programa que apresenta um conjunto de técnicas de engenharia com a finalidade de garantir que os equipamentos de uma instalação funcionem de acordo com as especificações estabelecidas, ou seja, ela indica e mensura a confiabilidade de determinado sistema a fim de aumentá-la (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011; MARCORIN; LIMA, 2003). Dessa forma, Viana (2002) e Costa (2013) entendem que essa metodologia consiste em estudar as várias formas de falha de um componente, visando ações que eliminem essas falhas, sendo um instrumento importante para a tomada de decisão e adoção de políticas de manutenção a serem seguidas nas indústrias. Com isso, visa direcionar e replanejar a manutenção de um equipamento, onde a própria organização determina o equipamento e nível de serviço considerando os recursos disponíveis e impacto nas falhas (SOUZA; LIMA, 2003).

Logo, a MCC apresenta diversas vantagens como maior custo-benefício, maior desempenho operacional, melhores condições de segurança e meio ambiente, aumento na vida útil do equipamento, maior senso de equipe, dentre outras (KARDEC; NASCIF, 2009). Para isso, Moubrey (1997) e Siqueira (2009) defendem que sua aplicação deve seguir sete etapas:

- Etapa 1: Identificação do Sistema e Coleta de Informações;
- Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos;
- Etapa 3: Seleção das Funções Significantes;
- Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis;
- Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

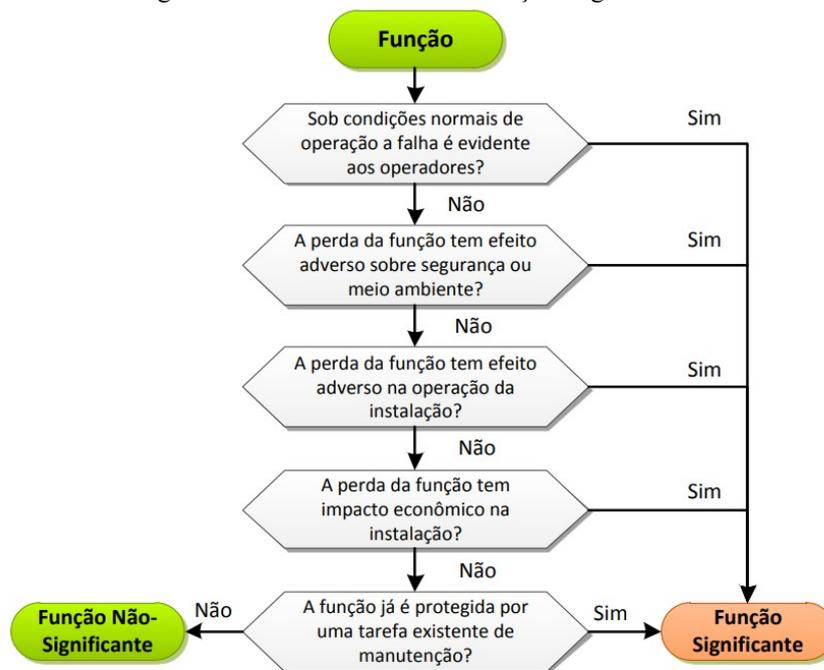
Para Fogliatto e Ribeiro (2011), a primeira etapa busca definir o equipamento ou o sistema e descrevê-lo detalhadamente, sendo essencial a coleta de informações com a finalidade de conhecer todas as suas características, com as informações sendo documentadas através de ferramentas. Zanetti (2019) utiliza o Diagrama Organizacional para armazenar as informações coletadas, no qual apresenta de forma hierárquica o sistema, subsistema escolhido e seus componentes, definindo assim a estrutura da Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*) e demais etapas.

Sendo assim, na segunda etapa, é necessário restringir o sistema, adotando um subsistema para obter um detalhamento maior acerca da aplicação FMEA, a qual é tratada como uma ferramenta para identificar os modos de falhas de acordo com experiências anteriores, conhecendo as características críticas e significativas do sistema, a fim de reduzir custos e tempo (RABELO; SILVA; PERES, 2014; KIBRIA; KABIR; BOBY, 2014).

A terceira etapa visa selecionar as funções significantes, que estão atreladas à definição de significância ou insignificância das falhas. Desse modo Moubray (1997) e Navsea (2007) estabelecem classificações como segurança, meio ambiente, operação e custo de reparo para essa avaliação, sendo necessário analisar as consequências das falhas em relação às classes apresentadas, por meio de um fluxo de seleção.

As falhas podem ser categorizadas em três tipos distintos. A primeira é a falha evidente, que pode ser detectada durante o trabalho normal. A segunda é a falha oculta, a qual não pode ser detectada durante o trabalho normal, e, por fim, a falha múltipla, que caracteriza-se como uma falha oculta combinada a uma segunda ocorrência, tornando-a evidente (SIQUEIRA, 2009). Na Figura 3 está ilustrado o modelo de fluxo de decisão.

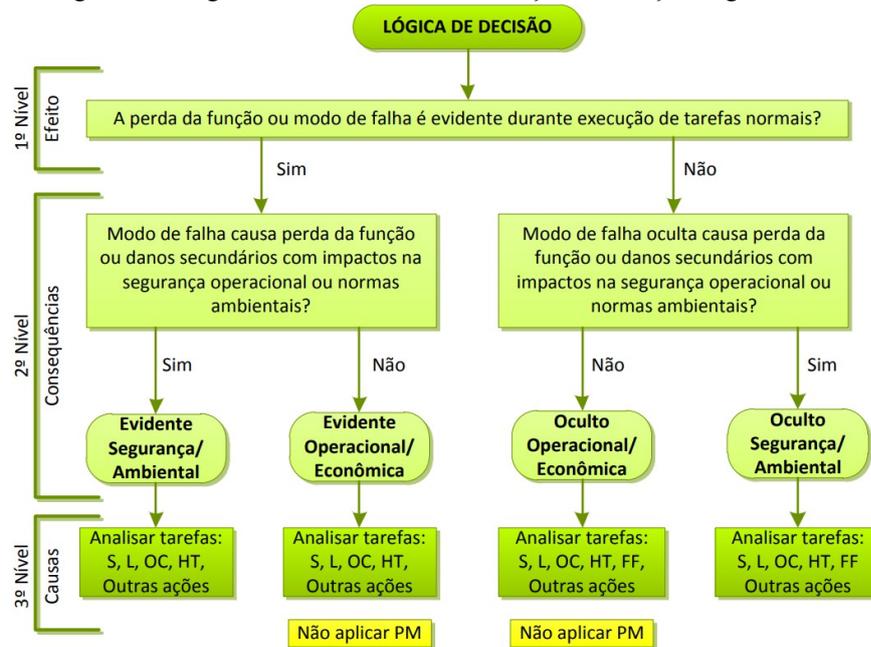
Figura 3 – Fluxo de decisão das funções significantes



Fonte: Siqueira (2009, *apud* Baran, 2011)

Em seguida, elabora-se uma tabela através de um sequenciamento lógico de decisão, a qual contém os modos de falhas categorizados em quatro grupos: 1) ESA: Segurança/Ambiental Evidente; 2) OSA: Segurança/Ambiental Oculta; 3) EEO: Operacional/Econômico Evidente; 4) OEO: Operacional/Econômico Oculta (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009). O modelo do diagrama de decisão para atribuir essa classificação é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Diagrama de decisão da classificação das funções significantes



Fonte: Leverette (2006, *apud* Baran, 2011)

A quarta etapa, visa identificar as atividades de manutenção com o objetivo de prevenir ou reduzir as falhas. Moubray (1997), Siqueira (2009) e Tatsch (2010) definem algumas atividades de manutenção aplicáveis, apresentadas a seguir.

- **SP - Substituição Preventiva:** descartar ou substituir um componente, levando em consideração a sua vida útil, em período pré-determinado, objetivando a prevenção de falhas funcionais;
- **RP - Restauração Preventiva:** reposição de um componente em período pré-determinado, objetivando a prevenção de falhas funcionais;
- **IP – Inspeção Preditiva:** são inspeções programadas a fim de detectar a evolução de uma possível falha;
- **IF – Inspeção Funcional:** são inspeções programadas do estado funcional, com a finalidade de identificar falhas funcionais já ocorridas;
- **SO - Serviço Operacional:** responsável pelo ressuprimento de recursos utilizados em operações e em tarefas básicas de controle da ocorrência de falhas;

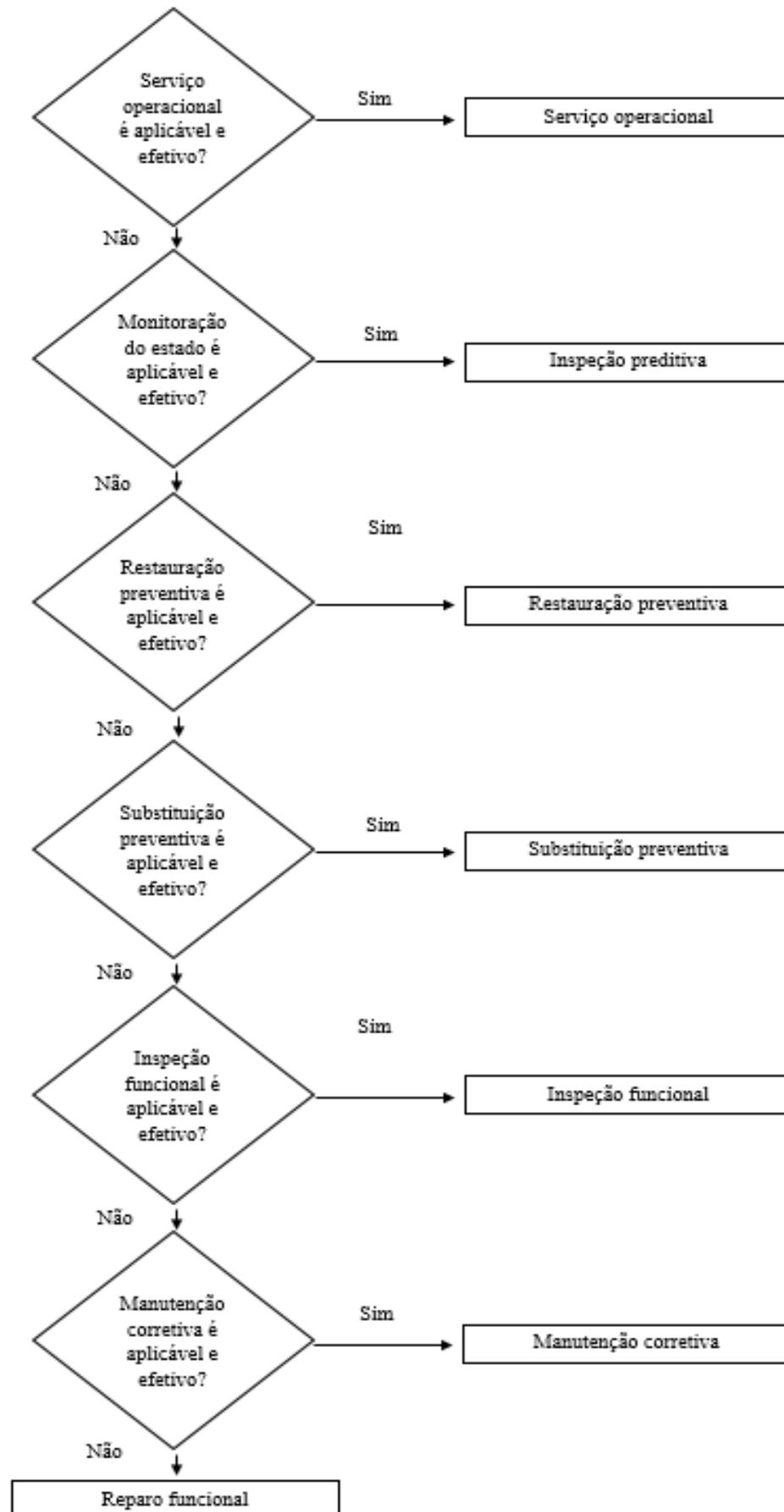
- MC - Manutenção Corretiva: manutenção não-programada das funções de um componente, com o objetivo de corrigir as falhas ou falhas detectadas em outras tarefas programadas;

- RF - Reparo Funcional: que prolonga a vida útil do equipamento até a falha final, sem nenhuma atividade de manutenção, devido à inaplicabilidade de outras manutenções ou meios econômicos.

A quinta etapa diz respeito à efetividade das atividades de manutenção para garantir que o problema será corrigido. Devido a isso é necessário que as atividades atendam aos critérios de efetividade, dentre estes: devem ser aplicáveis tecnicamente, ou seja, devem existir tecnologias para a sua aplicação; devem ser viáveis com os recursos existentes, não sendo necessárias novas aquisições; devem produzir os resultados esperados e devem ser executadas em um período de tempo curto (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; KOBACZY; MURTHY, 2008).

Na sexta etapa, é adequado utilizar o diagrama de decisão de estratégias para determinar as atividades de manutenção aplicáveis e efetivas a cada modo de falha, assim como a priorização destas (MOUBRAY, 1997; ZAIKONS, 2003). A Figura 5 ilustra o diagrama de decisão estratégica, apresentando adaptações quanto ao acréscimo de atividades aplicáveis e efetivas.

Figura 5 – Diagrama de decisão estratégica



Fonte: Adaptado de Siqueira (2012, *apud* Zanetti, 2019)

Por fim, estabelece-se critérios e métodos, dos quais são utilizados como base na definição da periodicidade ou frequência das atividades de manutenção, como também no planejamento e organização do processo de implementação da metodologia (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009).

2.3.4 Ferramentas de suporte à MCC

Como visto no tópico anterior, para a implantação de um programa de RCM, um dos pontos cruciais é a aplicação do FMEA, que consiste na análise do processo de produção e no apontamento das falhas que podem comprometê-lo, relatando os sintomas que essas falhas apresentam (modos de falha) e quais são suas consequências (efeitos). Com base nisso, é possível decidir qual será o tipo de manutenção a ser realizada em cada ativo da organização e elaborar o plano de manutenção, com seu devido cronograma.

2.3.4.1 Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

A FMEA pode ser desenvolvida em dois grandes estágios distintos. O primeiro estágio busca identificar os modos de falha inerentes ao produto, processo ou serviço, e relaciona estes as suas respectivas causas e efeitos, enquanto que o segundo visa determinar a criticidade, isto é, o risco do modo de falha ao objeto em avaliação (PUENTE *et al.*, 2002). Sendo assim, a FMEA apresenta três objetivos principais: Identificar e analisar as falhas que podem se apresentar em um processo ou produto; Determinar ações que podem eliminar ou mitigar a probabilidade de ocorrências dessas falhas; Documentar as informações referentes ao estudo, a fim de auxiliar em revisões posteriores (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

Palady (2004) afirma que o uso da FMEA se torna mais eficaz quando aplicada por uma equipe, onde a reunião de conhecimento coletivo resulta em qualidade e confiabilidade, podendo ser composta de quatro a sete integrantes que compreendam como o projeto, serviço ou processo é desenvolvido, produzido, utilizado ou mal utilizado. Dessa forma, Kardec e Nascif (2009) comenta que, existem três níveis de FMEAs, onde as etapas desenvolvidas são iguais, diferem somente quanto aos objetivos, conforme o Quadro 1 demonstra.

Quadro 1 – Níveis da FMEA

Tipos de FMEA	Características
FMEA no projeto	Este tipo se caracteriza pela eliminação das causas das falhas durante o projeto do elemento, onde utiliza desde aspectos da manutenibilidade até aspectos da segurança.
FMEA no processo	Este tipo se caracteriza pela realização durante o funcionamento do equipamento, sendo assim, foca na manutenção e operação.
FMEA no sistema	Este tipo está relacionada as falhas potenciais e gargalhos de todo o sistema produtivo, englobando todo o processo.

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

Nesta conjuntura, a FMEA é uma ferramenta fundamental na aplicação da MCC, descrita como técnica de confiabilidade que analisa os modos de falha e seus efeitos através dos índices de severidade, ocorrência, detecção e risco gerados ao processo ou equipamento (FLOGLIATTO; RIBEIRO, 2011; LIAO; HO, 2011).

Kardec e Nascif (2009) dizem que a Severidade (S) é o dano causado aos usuários através dos efeitos identificados. Portanto, é aplicada somente aos efeitos gerados pelas ocorrências das falhas que afetam o usuário, apresentando uma medida de 1 a 10, onde 1 representa baixa gravidade do efeito e 10 alta gravidade.

A abordagem do estudo desenvolvido por Zanetti (2019) utiliza o escore de severidade calculado através da média aritmética dos critérios de segurança, operacional, econômico e meio ambiente, obtendo resultados estruturados sobre os impactos reais dos efeitos da falha, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de Severidade (S)

Severidade				
Peso	Classificação			
	Segurança	Meio ambiente	Operacional	Econômico
1	Apenas perceptível	Apenas perceptível	Apenas perceptível	Apenas perceptível
2 a 3	Pouca importância	Pouca importância	Pouca importância	Pouca importância
4 a 6	Moderadamente grave	Moderadamente grave	Moderadamente grave	Moderadamente grave
7 a 8	Grave	Grave	Grave	Grave
9 a 10	Extremamente grave	Extremamente grave	Extremamente grave	Extremamente grave

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009) e Zanetti (2019)

Já o segundo índice, a Detecção (D), é definido por Palady (2004) como a probabilidade de se detectar uma falha em sua ocorrência, utilizando-se uma escala de 1 a 10, com o grau 1 representando favorável detecção da falha, seguindo de forma decrescente até o

10, com menor chances da falha ser detectada, conforme o Quadro 3 (KARDEC; NASCIF, 2009; BICOUV; PEREIRA; GIORGETTI, 2020).

Quadro 3 – Índice de Detecção (D)

Detecção	
Peso	Classificação
1	Probabilidade alta de ser detectada
2 a 5	Probabilidade moderada de ser detectada
6 a 8	Probabilidade pequena de ser detectada
9	Probabilidade muito pequena de ser detectada
10	Probabilidade improvável de ser detectada

Fonte: Adaptada de Kardec e Nascif (2009)

Tozzi (2004) comenta que Ocorrência (O) é a probabilidade de uma falha ou causa ocorrer. Em casos de ausência de banco de dados quantitativos, deve-se utilizar experiências, ou seja, dados qualitativos, sendo indicado o uso de uma série de perguntas como meio de avaliação das ocorrências (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011; SOUZA, 2017).

As descrições destas perguntas e atribuições de pontuações a cada uma delas podem ser observadas no Quadro 4, ressaltando-se que a cada resposta positiva acrescenta-se um nível de criticidade (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

Quadro 4 – Ocorrência (O) do modo de falha

Pontuação	Pergunta
2	O modo de falha causa alterações no componente?
+2	O modo de falha causa experiência negativa aos usuários?
+2	O modo de falha se apresenta nas experiências do usuário?
+2	O modo de falha muda a função do componente?
+2	O modo de falha é de difícil recuperação?

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2011)

Através da multiplicação dos índices apresentados, é possível realizar a priorização dos riscos, classificando-os de baixo a muito alto, como apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Índice de risco RPN

Risco RPN	
Peso	Classificação
1 a 50	Baixo
50 a 100	Médio
100 a 200	Alto
200 a 1000	Muito alto

Fonte: Kardec e Nascif (2009)

Tavares (2018) comenta que a FMEA define a criticidade das falhas através da junção dos índices S, O e D, o que resulta no RPN, onde a falha mais crítica será a primeira na fila para correções e conseqüentemente a que exigirá maior número de ações, sejam elas de correções ou de melhorias. Dessa forma, busca-se reduzir o índice de severidade, ocorrência e aumentar a detecção das falhas.

As ações de melhoria constituem-se como objetivo principal da FMEA, devido a isso, devem ser documentadas, por exemplo, em forma de planilhas, sejam simples ou complexas (TAVARES, 2018; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

2.3.4.2 Plano de manutenção

Para Xenos (1998), um plano de manutenção é em um conjunto de ações preventivas com datas para a realização destas ações, ou seja, pode-se defini-lo como um calendário para a execução das manutenções. Os planos de manutenção consistem na junção de informações necessárias para a execução das atividades referentes (VIANA, 2002).

Um plano bem elaborado deve conter todas as atividades preventivas, determinando-se padrões de manutenção, contendo informações e instruções de como inspecionar, reformar e trocar os componentes, assim como a frequência e periodicidade destas, com o intuito de evitar falhas e manter o bom funcionamento do equipamento (XENOS, 1998; VIANA, 2002).

Padrões de inspeção são documentos utilizados para detalhar o funcionamento dos componentes, assim como os métodos de inspeção utilizados e sua frequência de realização, sendo assim, a inspeção funciona como um mapeamento dos itens, podendo ser realizada pelos operários e planejador, visando verificar e corrigir os procedimentos utilizados (XENOS, 1998; VIANA, 2002). Segundo Smith e Mobley (2011), a inspeção é uma das classificações existentes no planejamento das manutenções.

As ações seguintes, como reformas e trocas, são definidas a partir das inspeções executadas. Xenos (1998) nos diz que os padrões de reforma periódica devem apresentar os requisitos e períodos de restauração dos equipamentos, descrevendo detalhadamente os procedimentos e métodos adotados na realização do serviço.

Os padrões de troca são semelhantes aos padrões de reforma, sendo constituído por uma listagem de peças, vida útil e periodicidade. Estes ocorrem quando a reforma é

insuficiente para o funcionamento adequado do equipamento e principalmente quando não compensa economicamente realizar esta recuperação (XENOS, 1998; VIANA, 2002). Desse modo, para realizar os padrões de manutenção apresentados acima é necessário definir uma equipe responsável, a qual deve sempre tentar diminuir a frequência de manutenções, através da introdução de melhorias nos equipamentos. Diante disso, o plano de manutenção apresenta grandes benefícios quando empregado, devido a organização e controle das manutenções, com execução nos prazos estipulados, gerando disponibilidade e redução de custos com a ocorrência de falhas não planejadas.

2.4 Análise da literatura sobre MCC aplicada a transportes

Visando um melhor entendimento sobre como a metodologia MCC é utilizada em transportes, realizou-se uma revisão de estudos semelhantes, os quais são descritos de acordo com os seguintes pontos: autor e ano de publicação, título, objetivos e principais resultados obtidos. As pesquisas apresentadas no Quadro 6 correspondem a trabalhos disponíveis, na íntegra, na internet, principalmente na base de dados dos periódicos da CAPES e revistas eletrônicas, contemplando o período de publicação entre 2005 e 2020, fazendo uso das seguintes palavras chaves: manutenção, FMEA, transporte, veículo, serviços e MCC.

Quadro 6 – Trabalhos com aplicação de MCC a transportes

Autor/Ano	Título	Objetivo	Principais resultados
Cristiano Ross; Leticia Diesel; Jorge André Ribas Moraes; Leandro Cantorski Rosa (2007)	Aplicação da ferramenta FMEA: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de passageiros	Determinar, com a ferramenta FMEA, ações que minimizem ou eliminem modos de falha em potencial em um dos desdobramentos de serviços prestados pela empresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da confiabilidade; • Aumento da qualidade; • Aumento da satisfação dos usuários; • Redução de custos.
Luiz Antônio Corvello Fraga Moreira (2010)	Aplicação veicular da Manutenção Centrada em Confiabilidade	Estudar o sistema de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em aplicação veicular.	<ul style="list-style-type: none"> • O uso da metodologia traz benefícios ao proprietário; • Registro rigoroso das manutenções para não ocorrer falhas na implantação; • Conclusão da viabilidade da implementação de inspeção preventiva no objeto de estudo; • Proposição e desenvolvimento de um sensor de falta de água a fim de minimizar as falhas; • Importância do trabalho conjunto do analista MCC e os operários.
Marcos Túlio Gurjão Leonardo; Walter Marinho Goldstein Junior (2015)	Análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada ao Sistema de Ar Condicionado de um Ônibus de uso Urbano no Rio de Janeiro.	Avaliar as práticas de manutenção existentes e indicar novos procedimentos e alterações nos componentes, a partir das pesquisas de campo e discussões técnicas com a equipe de manutenção e os fabricantes originais dos equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Entendimento profundo e organizado do equipamento; • Visão coletiva completa e crítica dos processos de trabalho da organização estudada; • Identificação da criticidade das falhas por meio da aplicação FMEA; • Propostas de melhorias através das observações do Diagrama de RCM; • Aplicação da RCM em conjunto com a FMEA traz resultados positivos.
Rafael Nunes da Rosa (2016)	Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em um processo da indústria automobilística.	Aplicação dos preceitos da MCC em equipamentos de um sistema transportador de automóveis com vistas ao aprimoramento da confiabilidade do processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Maior nível de confiabilidade e dos indicadores de desempenho; • Identificação de dois equipamentos, os quais representam 23% das falhas, e aplicar melhorias; • Redução dos custos em US\$ 428.102,94, no período pós-aplicação MCC.
Janderson da Conceição Ferreira;	Proposta de um método para	Apresentar uma proposta de um método para avaliação de riscos em	<ul style="list-style-type: none"> • Viabilidade da aplicação dos custos de ocorrência dos modos de falha para a etapa de detecção;

Mariane Cristina Rodrigues; Lucas Scavariello Franciscato; Vanessa Moraes Rocha De Munno; Marcelo Amorim De Munno (2016)	priorização de risco em FMEA considerando custo de ocorrência do modo de falha em sua etapa de detecção	FMEA considerando os custos de ocorrência no momento de detecção da falha, em um processo de uma empresa de autopeças do interior do estado de São Paulo.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorização da análise de risco; • Ações para ganho financeiro.
Luiz Pedro Klein (2017)	Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada em veículo de carga frigorífica.	Apresentar uma proposta de metodologia para construção de um modelo de plano de manutenção baseado no método MCC, para uma frota de veículos de carga frigorífica da filial de uma empresa de transporte e logística localizada no município de Domingos Martins/ES.	<ul style="list-style-type: none"> • Por meio da aplicação MCC foi possível elaborar um plano de manutenção; • Planejamento e programação das manutenções da frota; • Comparação do plano existente e novo, o que acrescentou melhorias; • Aumento da vida útil dos equipamentos e dos veículos; • Redução de custos.
Guilherme Mendes Tavares	Aplicação da FMEA na Manutenção de Motores Automotivos: Um Estudo de Caso	O objetivo geral do estudo é aplicar a FMEA de modo a identificar os principais modos de falhas dos componentes e, por meio da ferramenta, definir qual(is) componente(s) exigem uma manutenção diferenciada, buscando melhorar o serviço prestado, ao observar o(s) componente(s) mais crítico(s) utilizando os parâmetros da metodologia em questão e assim sugerir formas de evitar a(s) falha(s) apresentada(s).	<ul style="list-style-type: none"> • Fluido de arrefecimento com maior índice de risco; • Identificação dos principais modos de falha; • Proposição de desenvolvimento de um dispositivo que gere uma notificação visual no painel informando sobre a necessidade da troca do fluido e utilização dos indicadores MTBF e MTTR.

Fonte: Adaptada por autora (2021)

Ross *et al.* (2007) apresentam um trabalho no qual a FMEA foi implantada especificamente na gestão dos pneus dos veículos transportadores de passageiros, devido às falhas dos componentes representarem alto custo de manutenção e afetarem a satisfação dos clientes. Assim, o objetivo principal consistiu no aumento da confiabilidade e qualidade do serviço prestado. Os resultados foram alcançados através da determinação de ações que fomentam a confiabilidade e qualidade, além disso, o estudo permitiu o entendimento da ferramenta e mostrou a importância de uma boa gestão.

Moreira (2010) implementa a MCC em frotas veiculares, utilizando a aplicação de ferramentas como o diagrama organizacional, FMEA e *Logical Tree Analysis* (LTA), a fim de fomentar a confiabilidade de veículos. Além disso, foi abordado as experiências dos operadores como forma de identificar a frequência de falhas, garantindo o sucesso da implantação. Conclui-se que a implementação da MCC em veículos traz grandes benefícios aos proprietários, permitindo uma análise acerca do tipo de manutenção adequado e as ações a serem desenvolvidas para a realização destas, utilizando técnicas modernas.

Leonardo e Junior (2015) apresentam em seu trabalho a análise realizada no serviço de transporte público do estado do Rio de Janeiro. O objetivo consiste em aplicar a MCC no sistema de ar condicionado do ônibus, a fim de avaliar as práticas de manutenção existentes e indicar novos procedimentos e alterações aos componentes através de pesquisas de campo, discussões com equipe de manutenção e fabricantes, além do uso de ferramentas como a FMEA, que permitiu a detecção do modo de falha principal e sua consequente priorização para prevenção de ocorrência de falhas, garantindo a satisfação e segurança desse. Obteve-se como resultado uma compreensão maior e mais organizada do equipamento, permitindo uma visão coletiva completa e crítica dos processos da organização, além da expectativa de melhoria de desempenho em curto prazo do equipamento e da equipe responsável pela manutenção.

Rosa (2016), em seu estudo, faz uso da metodologia MCC para obter ganhos de segurança, confiabilidade dos equipamentos, qualidade e redução dos custos. Os objetivos estabelecidos na dissertação visam a aplicação das práticas MCC, identificação das causas e efeitos dos principais modos de falhas através da FMEA e desenvolvimento de um plano de melhorias com base nos dados obtidos.

Klein (2017) aborda o uso da MCC para avaliar veículos de carga frigorífica, em busca de que os equipamentos mecânicos operem dentro dos parâmetros estabelecidos. O objetivo fundamental do estudo é apresentar uma proposta de metodologia da frota veicular para a elaboração do plano de manutenção, obtido através da aplicação da MCC. Para a

realização do trabalho foram estabelecidas oito etapas, auxiliando a organização do planejamento de forma positiva, onde integrou-se a MCC, TPM e FMEA, o que facilitou a construção do plano de manutenção e detalhamento de maior qualidade.

Ferreira et al. (2016) abordam a aplicação da ferramenta FMEA em sistemas ABS dos veículos, resultando na identificação de dez modos de falha. Além disso, foram empregados os critérios de severidade, ocorrência e detecção, possibilitando priorizar o modo de falha de maior significância e, assim, gerar valor através da diminuição dos impactos negativos aos veículos.

Tavares (2018), aborda os conceitos da ferramenta FMEA para avaliar o sistema de arrefecimento do motor automotivo. O objetivo do estudo é aplicar a FMEA de modo a identificar os principais modos de falhas dos componentes e, por meio da ferramenta, definir os componentes que exigem uma manutenção diferenciada, buscando melhorar o serviço prestado, sugerindo formas de evitar os modos de falhas. O uso da ferramenta permitiu sugerir o desenvolvimento de um dispositivo que gera uma notificação visual no painel, informando sobre a necessidade da troca do fluido e utilização dos indicadores MTBF e MTTR.

2.4.1 Síntese conclusiva sobre os estudos da MCC aplicada à transportes

Com base nas pesquisas citadas, pôde-se perceber que os autores utilizam sequências variadas das etapas que compõem a metodologia MCC, sendo que esta variação não implica em erros no que diz respeito à aplicação da metodologia, pois sua distinção é relativa somente à nomenclatura e ordem de aplicação.

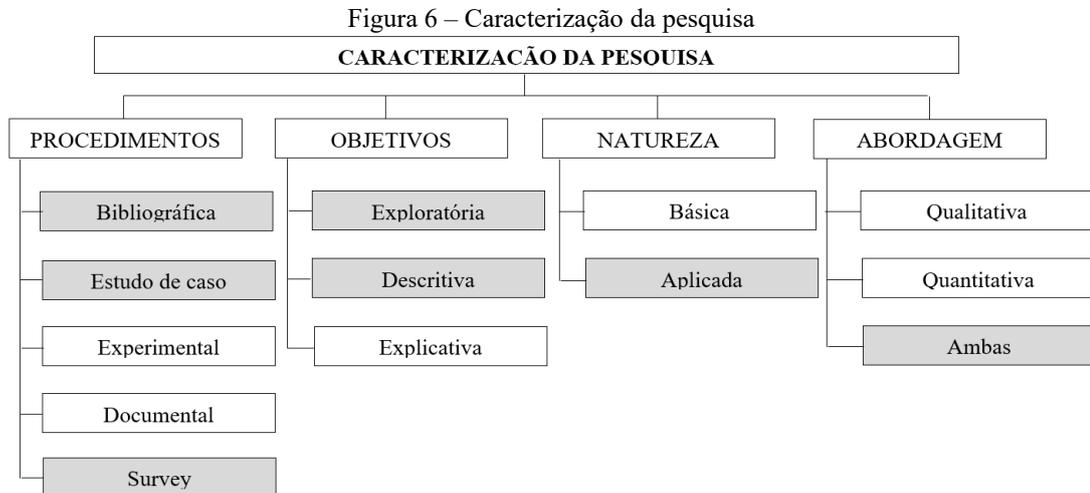
Os resultados obtidos nos trabalhos demonstram fatores positivos e ganhos relacionados à segurança, confiabilidade, disponibilidade e custos das operações ou manutenções a serem realizadas, o que mostra a importância e eficácia da aplicação desta metodologia, seja qual for o objeto em estudo. Ademais, destaca-se a ferramenta FMEA, etapa primordial para a metodologia MCC, a qual permite identificar as falhas principais e os efeitos destas geradas ao processo ou equipamento, podendo ainda ser aplicada individualmente. Ressalta-se também a necessidade de preparação da equipe responsável, para que seja realizada uma aplicação assertiva e simples, obtendo resultados satisfatórios e com pontos de melhorias a serem desenvolvidos.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo, sendo dividido em duas partes: a primeira refere-se à caracterização da pesquisa, na qual essa é classificada sob diferentes aspectos; a segunda diz respeito aos procedimentos metodológicos, onde são descritas as etapas para sua realização.

3.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa científica fundamenta-se em um conjunto de atividades, cuja finalidade é obter, sistematicamente, os conhecimentos sobre o assunto estudado. Para isso, faz uso de técnicas únicas e método próprio, podendo o estudo ser classificado quanto aos seus procedimentos, objetivos, natureza e abordagem (RÚDIO, 2007). A classificação atribuída a essa pesquisa é apresentada na Figura 6.



Fonte: Autora (2021)

Quanto aos procedimentos, a pesquisa adota três abordagens distintas. Inicialmente baseia-se na pesquisa bibliográfica que, segundo Fonseca (2002), visa reunir dados da literatura para se obter o entendimento dos temas estudados. Enquadra-se também como estudo de caso, o qual Gil (2007) define como o conhecimento detalhado de um caso único, visando compreender suas particularidades. Por fim, o *survey* (levantamento), descrito como uma técnica interrogativa direta às pessoas, as quais o comportamento se deseja

conhecer, obtendo assim as informações de prevalência e inter-relação dentro de uma população (GIL, 2008; FIGUEIREDO, 2004).

No que diz respeito aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, pois busca identificar minuciosamente as características da situação estudada a fim de conhecê-la. Segundo Gil (2007), os objetivos exploratórios têm a finalidade de adquirir conhecimento sobre determinada realidade, dando procedência à pesquisa descritiva, que para Triviños (1987), busca descrever detalhadamente os fatos desta realidade estudada.

Em relação à natureza, considera-se como aplicada, pois, segundo Gerhardt e Silveira (2009), o objetivo da natureza aplicada é desenvolver a realização prática dos conhecimentos e proposição de melhorias para os problemas. Quanto à abordagem, configura-se como uma aplicação qualitativa, realizada com base em formulários aplicados aos usuários e observações destes. Também pode ser classificada como quantitativa, devido a utilização de métodos estatísticos para a obtenção de dados necessários à construção dos resultados e sugestões de melhoria.

3.2 Caracterização do objeto de estudo

A cidade de Jaguaruana fica localizada na microrregião do baixo Jaguaribe, a 150 km da capital cearense, sendo constituída pelos distritos Borges, Jaguaretama, Giguei, São José do Lagamar e Saquinho, onde residem cerca de 33.960 habitantes, de acordo com as estimativas existentes para o ano de 2021 (IBGE, 2021).

A 25 km sul-leste de Jaguaruana, encontra-se o *campus* da UFC localizado na cidade de Russas. Este polo foi inaugurado e dado início às atividades acadêmicas no segundo semestre de 2014, contando com 50 alunos ingressantes neste mesmo período. O polo vem apresentando uma rápida expansão, visto que já em 2019 este número subiu para 335 ingressos ao ano, resultando em 1155 matrículas no segundo semestre de 2019 (PORTAL UFC, 2020).

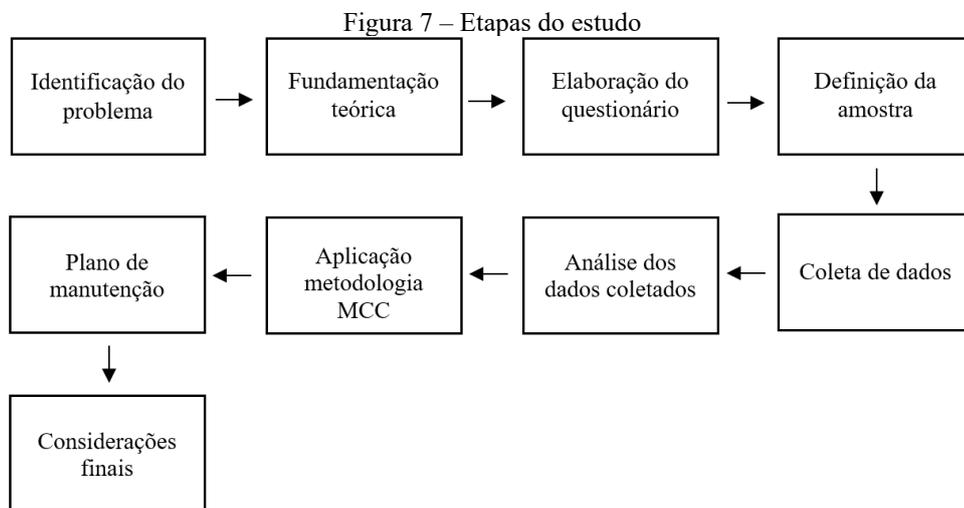
O deslocamento dos estudantes para o campus é de responsabilidade da prefeitura municipal de Jaguaruana, a qual disponibiliza uma frota total de dois veículos diariamente, sendo que estes podem sofrer variações de acordo com as demandas veiculares da cidade em geral, ou seja, a frota apresenta rotatividade. Em relação aos motoristas, o serviço conta com cerca de três condutores, os quais também são rotativos ao longo dos turnos ou dias.

Os transportes escolares funcionam durante três turnos, de segunda-feira a sexta-feira, saindo de Jaguaruana às 07:00 horas, retornando em três horários distintos, sendo eles as

12:00, 17:30 e 22:30 horas. Devido às condições físicas do veículo e rotas adotadas (BR ou estrada de barro), estes horários sofrem alterações, prejudicando o desempenho dos estudantes nas aulas e atividades acadêmicas, além de tardar o retorno às suas residências.

3.3 Descrição das etapas

A Figura 7 observada a seguir apresenta as etapas contidas no desenvolvimento do estudo.



Fonte: Autora (2021)

A identificação do problema se deu através da experiência própria da pesquisadora, a qual já fez uso do transporte escolar para se locomover entre a universidade e a cidade de Jaguaruana, em conjunto aos depoimentos dos alunos. Diante disso, destaca-se como problema principal as condições degradantes dos veículos, em conjunto com a insatisfação dos estudantes.

Após a identificação do problema, foi realizada uma fundamentação teórica acerca dos conceitos relevantes ao estudo, sendo eles conceitos relacionados à manutenção, metodologia MCC, plano de manutenção e a ferramenta FMEA. Também foi realizado um levantamento de estudos semelhantes, com abordagem focada na utilização da MCC em transportes. Essa etapa foi essencial para entender o processo de implementação desta metodologia.

Em seguida, ocorreu a elaboração do formulário do google (ANEXO A), a ser destinado aos usuários do transporte escolar, objetivando um aprofundamento da problemática

anteriormente identificada. O formulário é composto por 4 perguntas relacionadas ao nível de satisfação com o transporte escolar e os problemas com maiores ocorrências, presenciados por eles. Este contém, ainda, um espaço destinado a comentários para relatos de experiências vivenciadas.

Após isso, utilizou-se métodos estatísticos para definir uma amostra que fosse representativa do todo. Para isso, foi utilizada a amostragem probabilística aleatória simples, que segundo Correa (2003), pode ser entendida como a seleção de amostras (n) dentre uma unidade maior, ou seja, a população (N), no qual a reposição de amostragem não é possível, sendo assim, todos possuem iguais chances de pertencer a n , de modo a eliminar tendências.

A identificação da população a ser estudada foi obtida junto à secretária do curso de engenharia civil, apresentando um número total de 88 alunos. Para deter de uma máxima com a realidade adotou-se um erro amostral de 5%, conceituado por Triola (1999) como a diferença entre os resultados obtidos da população e a amostra. Para definir o número da amostra a ser estudada utilizou-se a fórmula apresentada por Barbetta (2002), como demonstrada a seguir, onde n_0 representa a primeira aproximação para o tamanho da amostra, obtida através do erro amostral tolerável. A seguir são expressos os cálculos e resultados obtidos através das equações 1 e 2.

$$n^0 = \frac{1}{E^{02}} = \frac{1}{0,05^2} = 400 \quad (1)$$

$$n = \frac{N * n_0}{N + n_0} = \frac{88 * 400}{88 + 400} = 72,13 \quad (2)$$

Logo, chegou-se ao número da amostra, sendo correspondente a 73 estudantes, devido ao arredondamento para cima. Com a amostra definida, o formulário foi enviado a 88 usuários, através da mídia social *WhatsApp*, obtendo um total de 73 retornos, atingindo, portanto, o número necessário de entrevistados para representar a população e confiabilidade da pesquisa. Os dados obtidos foram utilizados para identificar o sistema a ser estudado, assim, a metodologia MCC foi aplicada a este, a fim de fomentar a garantia de segurança dos utilizadores e funcionamento correto do veículo, visto que sua aplicação busca identificar as falhas e suas causas, assim como a definição das atividades de manutenção a serem realizadas para saná-las.

Logo após, elaborou-se o plano de manutenção com as atividades de manutenção indicadas pela MCC, a fim de garantir maior segurança, conforto, confiabilidade e disponibilidade para os usuários. Por fim, a conclusão apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos no estudo, bem como as principais dificuldades encontradas e recomendações para trabalhos futuros.

4. APLICAÇÃO DA MCC

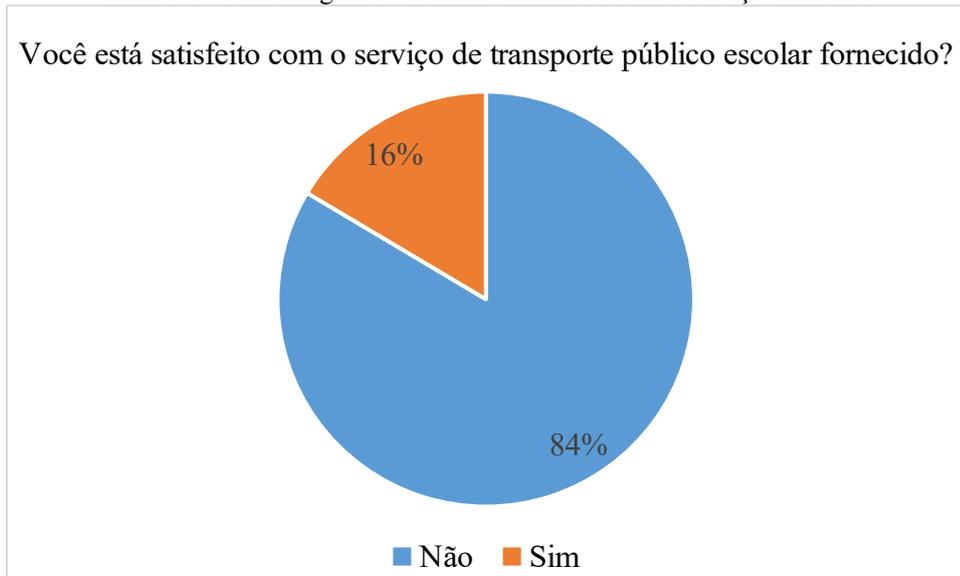
Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento da metodologia MCC, etapa que permitiu a obtenção dos resultados pretendidos com a pesquisa. Para isso, serão realizadas as etapas descritas no 2.3.3. Posteriormente, é proposto, ainda, um plano de manutenção para auxiliar na implantação das atividades recomendadas.

4.1 Seleção do sistema e coleta de informações

No processo de escolha do sistema para o qual é voltada a aplicação da MCC, são considerados aspectos como altas taxas de falha, tempo, custos de reparo, além do impacto na produção, na segurança e impacto ambiental. Esta etapa é importante para que se escolha, de fato, um sistema ou equipamento que trará um retorno significativo com a aplicação da metodologia. Geralmente, dados como a taxa de falha são obtidos por meio de um banco de dados que armazena tais informações.

Como a empresa não dispunha de registros, realizou-se um levantamento de cunho qualitativo, através de formulários aplicados aos usuários do transporte, para conhecer mais sobre as condições de operação deste, bem como os problemas mais recorrentes. Dessa forma, foi elaborado e aplicado aos estudantes um formulário (Anexo A), cuja primeira pergunta questionava a satisfação dos entrevistados em relação ao transporte público ofertado. Como resultado, apresentou-se que 83,6% dos entrevistados demonstram-se insatisfeitos, de modo que apenas 16,4% alegam satisfação com o serviço. O Gráfico 1 ilustra essas informações.

Gráfico 1 – Porcentagem de usuários satisfeitos com o serviço oferecido



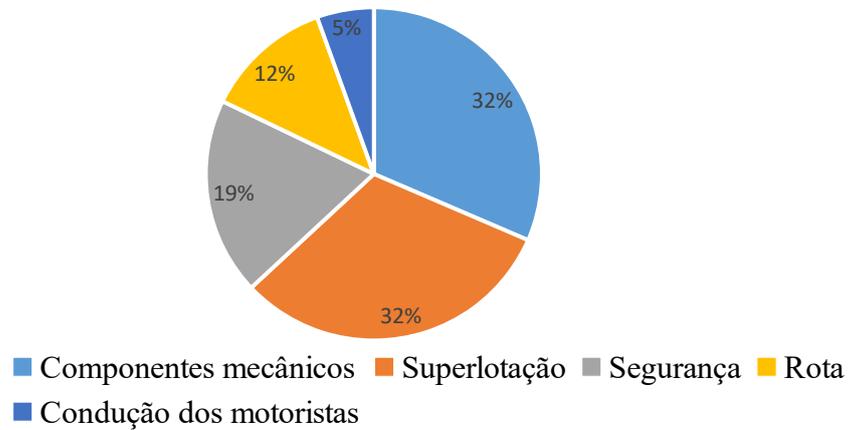
Fonte: Autora (2021)

Diante da confirmação sobre a problemática de uma forma generalizada, partiu-se para as perguntas seguintes, com o intuito de que estas pudessem contribuir para a priorização dos problemas e viabilizar a aplicação da MCC.

Sendo assim, a segunda questão procurou identificar quais os fatores que mais impactam na insatisfação relatada na resposta anterior. O Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 2 – Fatores que afetam a durabilidade do veículo

Qual desses fatores você considera que afetam a durabilidade do veículo?



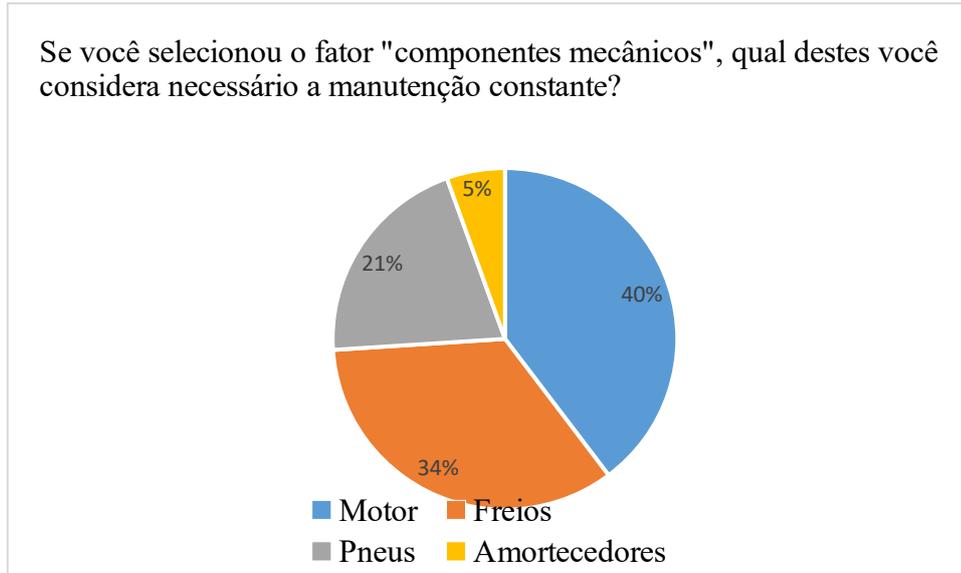
Fonte: Autora (2021)

Dentre os fatores mencionados, a superlotação e problemas com componentes mecânicos ocupam o primeiro lugar, ambos com 31,5%, seguidos da sensação de insegurança advinda de problemas com itens como cintos, bancos e janelas (19,2%). A rota realizada pelo ônibus é o motivo de insatisfação de 12,3% dos entrevistados. Já a condução dos motoristas aparece com 5,5% das respostas obtidas.

Os veículos apresentam condições precárias no que diz respeito à segurança e estética, devido à falta de cintos, janelas e bancos. Além disso, a estrutura mecânica é preocupante, apresentando falhas constantes, como paradas do motor, pneus lisos, falta de freios e iluminação adequada, gerando diversas ocorrências de perigo no trânsito diariamente.

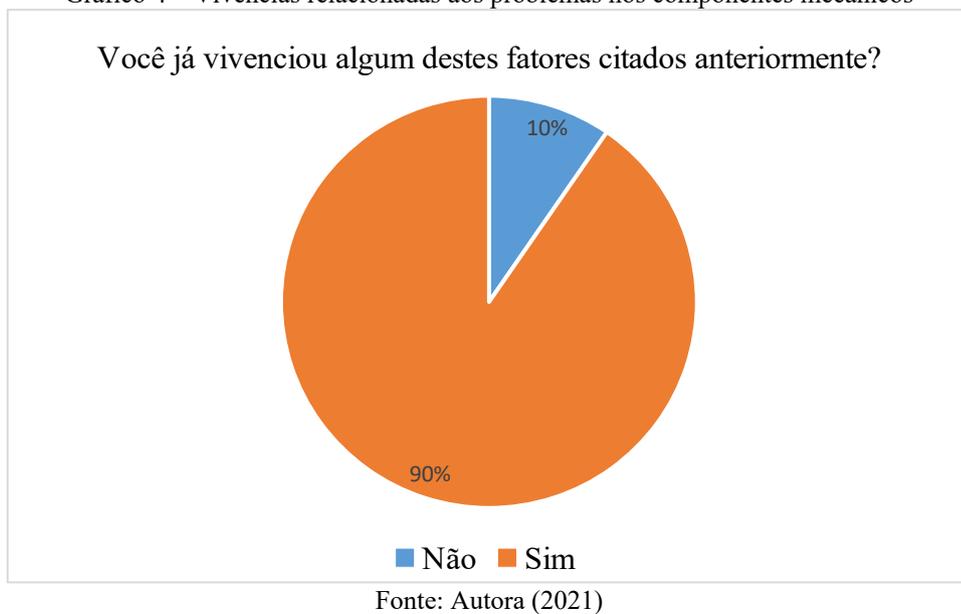
A terceira pergunta questionou aos usuários os itens aos quais precisa ser dada uma maior importância se tratando de manutenções. De acordo com a visão dos entrevistados, os principais fatores que necessitam de acompanhamento são o motor e freios, obtendo respectivamente, 39,7% e 34,2% das respostas, enquanto que os pneus representam 20,5% e amortecedores 5,5% (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Componentes que necessitam de manutenções periódicas



Quando questionados se já presenciaram falhas ou quebras dos componentes descritos anteriormente, 90,4% dos entrevistados responderam que já vivenciaram problemas relacionados a esses fatores, como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Vivências relacionadas aos problemas nos componentes mecânicos



Em relação a tais experiências, foram obtidos também relatos que podem ser visualizados no ANEXO B. É possível verificar que vários destes apontam problemas

referentes ao motor, o qual também foi alvo da maior porcentagem obtida nas perguntas 2 e 3 do Anexo A. Somado a isto, apresenta-se o fato de que esse componente é classificado em estudos semelhantes (apresentados no tópico 2.4) como sendo de alta criticidade, considerando questões referentes ao risco pessoal e ambiental, sua interferência na produção e qualidade, o alto custo de reparo, o elevado tempo para realizar esta ação, alta complexidade técnica, além de ser vital e único para o funcionamento do sistema. Diante disto, o motor foi escolhido para dar continuidade à aplicação da metodologia.

Uma vez identificado o sistema, é necessário agora o apoio de uma equipe técnica para coleta de informações essenciais ao desenvolvimento do estudo, que exige a análise detalhada do sistema e seus respectivos componentes.

Os motores de veículos pesados apresentam variações em relação ao fabricante, ano e modelo do veículo, devido os avanços tecnológicos e normas de emissões de gases poluentes. O motor do objeto deste estudo é do fabricante MWM (Motoren Werke Mannheim), da série Acteon, modelo 4.12 TCE. Este motor possui quatro cilindros em linha, é turboalimentado com Aftercooler e possui sistema injeção é do tipo Common Rail.

O funcionamento do motor a diesel é obtido através da junção de cinco sistemas, sendo eles, o sistema de alimentação de ar, de injeção, de lubrificação, de arrefecimento e elétrico. Primeiramente temos o sistema de alimentação de ar, parte fundamental, visto que sua obstrução implica na falta de ar para a combustão, desequilibrando a mistura ar-combustível, causando a carbonização dos anéis do pistão e válvulas do motor.

Em seguida, destaca-se o sistema de injeção, o qual é responsável pela introdução de combustível no motor, controlando sua potência, conseqüentemente interferindo no consumo de combustível e nas emissões de gases. O sistema de lubrificação é essencial ao funcionar adequado do motor, pois lubrifica os componentes móveis, a fim de diminuir o atrito e, conseqüentemente, o desgaste e ruído, além de auxiliar no arrefecimento do motor.

O sistema de arrefecimento tem por objetivo a retirada do excesso de calor do motor, transferindo-o para o meio ambiente, mantendo o motor com a temperatura ideal para o seu funcionamento. Apesar do ciclo diesel não necessitar de um sistema de ignição (elétrico), como o sistema de injeção (injeta o diesel) é do tipo "common rail", o mesmo é gerenciado/comandado eletronicamente.

Os sistemas apresentados, com exceção do elétrico, trabalham em conjunto com o mecanismo formado pelo pistão, biela e virabrequim, sendo capazes de transformar energia térmica em energia mecânica, a qual é obtida através da combustão do diesel.

A admissão do ar é dada pela queda de pressão devido ao movimento descendente do pistão, onde no motor turbinado a turbina “empurra” ar pressurizado para o motor. Em seguida, na compressão, o pistão sobe e as válvulas de admissão e escape ficam fechadas, sendo o ar comprimido até o volume final, sendo esse o volume da câmara de combustão, ocasionando o aquecimento do ar, onde a injeção do óleo diesel pulverizado é realizado por meio do bico injetor ao fim da compressão, no qual o contato entre o óleo diesel e o ar aquecido gera a detonação, dando início à combustão.

Após isso, o pistão desce por meio da força de expansão dos gases queimados, depois transmite essa força para a biela e desta ao virabrequim, enquanto que as válvulas do processo continuam bloqueadas. Por fim, no escape, o pistão sobe mantendo a válvula de admissão fechada, tendo a abertura da válvula de escape permitindo a expulsão dos gases queimados. Desse modo, a única fase produtiva de energia ocorre somente na combustão, enquanto que a admissão, compressão e escape consomem parte dessa energia.

Para viabilizar a aplicação da MCC, se faz necessária a restrição do sistema, assim, o subsistema escolhido é o sistema de lubrificação e arrefecimento, devido a sua importância para o funcionamento adequado e constante dos componentes do motor, uma vez que influencia o baixo nível de aquecimento motor deste e contribui para uma deterioração mais lenta dos componentes. O Quadro 7 ilustra o Diagrama Organizacional, o qual apresenta o sistema de forma hierárquica, de modo a visualizar a relação entre sistema, subsistema e seus respectivos componentes.

Quadro 7 – Diagrama organizacional

Sistema	Subsistema	Componente
Motor	Sistema de lubrificação	Óleo lubrificante
		Cárter
		Pescador de óleo
		Bomba de óleo
		Filtro de óleo
		Interruptor de pressão do óleo
	Sistema de arrefecimento	Radiador
		Bomba d'água
		Válvula termostática
		Tampa do radiador
		Ventoinha
		Mangueiras
		Camisas d'água
		Sensor de temperatura

Fonte: Autora (2021)

Após identificar o subsistema e conhecer seus componentes, realiza-se a determinação das funções destes, como apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Relação entre componentes e funções do subsistema

Componente	Função
Óleo lubrificante	Diminui o atrito e desgaste das peças internas do motor e compressor de ar, mantendo o resfriamento adequado dos componentes destes.
Cárter	Armazena e resfria o óleo lubrificante.
Pescador de óleo	Colher o óleo lubrificante no cárter.
Bomba de óleo	Suga o óleo lubrificante do cárter e o distribua no motor.
Filtro de óleo	Retirar as impurezas do circuito de lubrificação do motor.
Interruptor de pressão do óleo	Ativa a luz de advertência do óleo no painel quando a pressão do óleo no motor cai abaixo do nível crítico.
Radiador	Trocador de calor entre a água e o ar.
Bomba d'água	Força a circulação da água do depósito inferior para o interior do motor.
Válvula termostática	Controla a temperatura através da circulação de água entre motor e radiador.
Tampa do radiador	Contém válvulas de controle de pressão e depressão no interior do radiador.
Ventoinha	Força a passagem do fluxo de ar através do radiador.
Mangueiras	Conduz a água do motor para o radiador e do radiador até a bomba d'água.
Camisas d'água	Retira o calor excedente do motor através da formação de galerias por onde a água circula.
Sensor de temperatura	Controla a temperatura dos componentes do motor

Fonte: Autora (2021)

Através da coleta de informações é possível entender a importância e o funcionamento do sistema e subsistema e, diante disto, partir para o desenvolvimento da etapa seguinte, que diz respeito à análise dos modos de falhas e os seus efeitos.

4.2 Análise dos modos de falhas e seus efeitos

Para identificar os modos de falha e seus efeitos, adotou-se um conjunto de componentes, formando assim o subsistema composto por lubrificação e arrefecimento, tendo como objetivo o desenvolvimento de um estudo detalhado. Os componentes do subsistema foram escolhidos levando em consideração a distribuição de óleo lubrificante e água no motor, bem como o superaquecimento deste, visto que isso impacta significativamente na segurança pessoal, do meio ambiente e operação do sistema como um todo, além de reduzir custos envolvidos no processo de manutenção.

O subsistema escolhido é, portanto, composto por óleo lubrificante, cárter, pescador de óleo, bomba de óleo, filtro de óleo, interruptor de pressão do óleo, radiador, bomba d'água, válvula termostática, tampa do radiador, ventoinha, mangueiras, camisas d'água e sensor de temperatura. Após a obtenção dos componentes, foram identificados os modos de falha, causas e efeitos relacionados a estes.

Em seguida, tomando como base nos parâmetros dos Quadros 2, 3, 4, apresentados no tópico 2.3.4.1, foram determinadas as pontuações referentes aos efeitos dos modos de falha, onde foi possível analisar e pontuar os danos causados à segurança, meio ambiente, operação e economia do sistema, resultando em uma medida de gravidade através da média aritmética dos índices anteriores. Posteriormente, atribuiu-se pontuações de ocorrência, através da análise qualitativa, bem como o nível de detecção dos modos de falha. A determinação do risco foi dada por meio da multiplicação das pontuações de severidade, ocorrência e detecção, permitindo a sua classificação. O Quadro 9 apresenta estes dados.

Quadro 9 – Análise dos modos de falha e seus efeitos

Componente	Modo de falha	Causa da falha	F	D	Efeitos	S	M A	O	E	G	R	NPR
Óleo lubrificante	Óleo misturado à água	Vazamento no intercambiador de óleo lubrificante	6	9	Paradas no motor, baixa refrigeração do motor e redução da vida útil dos componentes	1	2	10	8	5	270	Muito alto
	Óleo misturado ao combustível		6	9							270	Muito alto
Bomba de óleo	Alta pressão do óleo	Válvula de alívio de pressão da bomba de óleo travada fechada	4	10	Excesso de óleo no motor, podendo deformar ou estourar o filtro de óleo	1	8	5	7	5	200	Muito alto
	Baixa pressão do óleo	Desgaste interno	4	9	Os componentes do motor ficam sem lubrificação, causando esquentamento e, conseqüentemente paradas no motor	1	1	5	8	4	144	Alto
		Válvula de alívio de pressão da bomba de óleo travada aberta	4	9								
		Mola da válvula de alívio de pressão quebrada	4	9								
		Tubo de sucção desgastado	4	9								
Peneira do tubo de sucção entupido	4	9										
Filtro de óleo	Falha na filtragem do óleo	Óleo lubrificante sujo	6	9	Falha na lubrificação das peças, causando esquentamento e, conseqüentemente paradas no motor	1	1	5	8	4	216	Muito alto
		Filtro obstruído	6	9								
Cárter	Excessiva pressão no cárter	Desgaste nos cilindros	4	10	Gases com elevado cheiro de gasolina no escape, poluindo o meio ambiente	6	8	1	3	5	200	Muito alto
		Bomba de alta pressão desgastada	4	10								
		Tubo de respiro do cárter entupido	4	10								
Pescador de óleo	Dificuldade de pescar óleo	Cárter seco	6	9	Atrito entre os componentes, acarretando o desgaste destes, diminuindo a sua vida útil	1	1	6	8	4	216	Muito alto
Interruptor de pressão do óleo	Vazamento de óleo	Interruptor de pressão do óleo estourado	6	9	Danos na câmara de combustão, desgaste dos componentes, reduzindo de vida útil do motor, além do alto consumo de	3	6	9	9	7	378	Muito alto

		Cárter furado	6	9	óleo							
Bomba d'água	Vazamento do fluido refrigerante	Juntas e vedações desgastadas, secas ou quebradas	4	9	Oxidação generalizada, desgastando o motor	1	2	6	7	4	144	Alto
	Barulho alto ao pisar no acelerador	Polias da bomba d'água soltas	8	1	Furar ou derreter as cabeças dos pistões	1	1	9	8	5	40	Baixo
Radiador	Superaquecimento	Radiador entupido internamente ou externamente	6	1	Parada no funcionamento do motor	1	1	10	9	5	30	Baixo
		Falta de água no sistema de arrefecimento	6	1								
		Falta ou proporção incorreta de aditivo no sistema de arrefecimento	6	1								
Ventoinha	Redução do fluxo de ar	Aletas e canelotas obstruídas	6	9	Superaquecimento do radiador, causando paradas no motor	1	1	8	5	4	216	Muito alto
		Ventoinha e mangueiras desgastadas	6	9								
Válvula termostática	Líquido arrefecedor circulando somente no motor	Válvula termostática defeituosa	6	9	Superaquecimento do radiador, causando paradas no motor	1	1	8	5	4	216	Muito alto
Tampa do radiador	Líquido refrigerante transbordando	Tampa do radiador enferrujada	6	3	Alto consumo do líquido e desregulação da pressão no arrefecimento	1	1	8	7	4	72	Médio
Mangueiras	Falta de água circulando no motor e radiador	Falha no acionamento da bomba d'água	6	9	Superaquecimento do motor e radiador, causando paradas no motor	1	1	10	9	5	270	Muito alto
		Mangueiras defeituosas	6	9								
Camisas d'água	Redução da pressão total	Camisas danificadas	4	10	Gera cavitação, ou seja, bolhas de vapor ou gás do líquido, danificando as tubulações e válvulas do motor	1	2	5	5	3	120	Alto
		Líquido de arrefecimento impróprio	4	10								
		Temperatura de funcionamento insuficiente	4	10								
Sensor de temperatura	Leitura falsa da temperatura	Sensor defeituoso	6	9	Falhas em testes de emissões, causando o	1	9	8	9	7	378	Muito alto

					desconhecimento da poluição gerada ao meio ambiente								
--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: Autora (2021)

A definição dos aspectos apresentados no Quadro 9 são essenciais, pois permite que a equipe realize uma análise acerca dos modos de falha e os efeitos que estes podem causar nos componentes do sistema, além disso, facilita aos operadores a visualização das falhas, os danos à segurança, meio ambiente, operação e custos envolvidos, impactando diretamente na vida útil e bom funcionamento do equipamento, além de determinar os riscos causados ao sistema, e assim classifica-los.

Vale ressaltar que a determinação do risco e classificação podem ser influenciados drasticamente pela detecção da falha, visto que alguns modos apresentam efeitos negativos aos índices de gravidade e frequência, mas possui fácil identificação, sendo assim, pode ser resolvido rapidamente sem causar danos maiores ao sistema e, conseqüentemente, baixo risco. Desse modo, busca-se selecionar as funções prioritárias para a aplicação de ações de manutenção, a fim de garantir segurança, economia de tempo e redução dos custos.

4.3 Seleção das funções significantes

Nesta etapa, ocorre a seleção das funções significantes, ou seja, as funções que representam maiores danos ao funcionamento do sistema quando operam com a presença de falhas, tendo maior importância de intervenção de melhorias.

As funções são selecionadas através do fluxo de decisão, como apresentado na Figura 3 do tópico 2.3.3. O diagrama questiona os impactos das falhas em relação aos critérios de segurança (S), meio ambiente (MA), operacional (O) e custo (E), além do índice de visibilidade dos modos de falha, onde H representa a evidência destes, sendo preenchidos os espaços com S e N, que significam respectivamente, sim e não. O Quadro 10 apresenta os resultados obtidos.

Quadro 10 – Seleção das funções significantes

Modo de falha	H	S	MA	O	E	Insignificante	Significante
Óleo misturado à água	N	N	N	S	S	N	S
Óleo misturado ao combustível	N	N	N	S	S	N	S
Alta pressão do óleo	N	N	S	N	S	N	S
Baixa pressão do óleo	N	N	N	N	S	N	S
Falha na filtragem do óleo	N	N	N	N	S	N	S
Excessiva pressão no cárter	N	S	S	N	N	N	S
Dificuldade de pescar óleo	N	N	N	S	S	N	S
Vazamento de óleo	N	N	S	S	S	N	S
Vazamento do fluido refrigerante	N	N	N	S	S	N	S
Barulho alto ao pisar no acelerador	S	N	N	S	S	N	S
Superaquecimento	S	N	N	S	S	N	S

Redução do fluxo de ar	N	N	N	S	N	N	S
Líquido arrefecedor circulando somente no motor	N	N	N	S	S	N	S
Líquido refrigerante transbordando	S	N	N	S	S	N	S
Falta de água circulando no motor e radiador	N	N	N	S	S	N	S
Redução da pressão total	N	N	N	N	N	S	N
Leitura falsa da temperatura	N	N	S	S	S	N	S

Fonte: Autora (2021)

Como observado, apenas a função comprometida pelo modo de falha “redução da pressão arterial” apresentou-se como não significativa.

Após selecionar as funções significantes, utiliza-se sequenciamento lógico, ou seja, diagrama de decisão, como apresentado na Figura 4 do tópico 2.3.3, sendo um conjunto de perguntas aplicadas às funções significantes e seus respectivos modos de falha, permitindo a junção de informações acerca dos componentes, modos de falha e os aspectos dos modos de falha, categorizando-as em quatro pilares, sendo elas, ESA: Segurança/Ambiental Evidente; OSA: Segurança/Ambiental Oculta; EEO: Operacional/Econômico Evidente; OEO: Operacional/Econômico Oculta. O Quadro 11 apresenta as classificações das funções significantes e modos de falha desse estudo.

Quadro 11 – Classificação das funções significantes

Componente	Modo de falha	Visível e Evidente	Segurança Ambiental	Econômico Operacional	Categoria
Óleo lubrificante	Óleo misturado à água			X	OEO
	Óleo misturado ao combustível			X	OEO
Bomba de óleo	Alta pressão do óleo		X	X	OSA
	Baixa pressão do óleo			X	OEO
Filtro de óleo	Falha na filtragem do óleo			X	OEO
Cárter	Excessiva pressão no cárter		X		OSA
Pescador de óleo	Dificuldade de pescar óleo			X	OEO
Interruptor de pressão do óleo	Vazamento de óleo		X	X	OEO
Bomba d'água	Vazamento do fluido refrigerante			X	OEO
	Barulho alto ao pisar no acelerador	X		X	EEO
Radiador	Superaquecimento	X		X	EEO
Ventoinha	Redução do fluxo de ar			X	OEO

Válvula termostática	Líquido arrefecedor circulando somente no motor			X	OEO
Tampa do radiador	Líquido refrigerante transbordando	X		X	EEO
Mangueiras	Falta de água circulando no motor e radiador			X	OEO
Sensor de temperatura	Leitura falsa da temperatura		X	X	OEO

Fonte: Autora (2021)

A seleção e classificação das funções mais importantes permite a determinação de ações de manutenção, de modo a prevenir ou corrigir os modos de falhas existentes.

4.4 Seleção das atividades aplicáveis

A seleção das atividades de manutenção aplicáveis é uma etapa fundamental, para que estas possam apresentar efeitos positivos sob os modos de falha identificados, podendo corrigir, reduzir e prevenir falhas existentes ou em potencial.

A partir da análise dos modos de falha e causas do subsistema em estudo, se pode determinar as atividades principais a serem aplicadas, devido apresentarem significância para o funcionamento correto do sistema. As atividades determinadas são a substituição preventiva, restauração preventiva, reparo funcional, inspeção funcional e serviço operacional. O Quadro 12 informa a aplicabilidade das atividades escolhidas.

Quadro 12 – Seleção das atividades aplicáveis

Atividade	Aplicabilidade
Substituição preventiva	Quando o componente está em sua vida útil final, podendo apresentar possíveis modos de falha, sendo necessário a sua substituição já que a reparação preventiva não é viável, devido fatores econômicos.
Restauração preventiva	Quando o componente está em sua vida útil final, podendo apresentar possíveis modos de falha, sendo necessário a sua restauração, de modo a prevenir estes modos de falha a um nível aceitável.
Inspeção funcional	Inspeções programadas com a finalidade de identificar falhas funcionais.
Reparo funcional	Permite o funcionamento do componente até o modo de falha ocorrer, devido a fatores econômicos.
Serviço operacional	Ressuprimento de recursos e realização tarefas repetitivas a fim de controlar a ocorrência de falhas.

Fonte: Autora (2021)

As atividades escolhidas devem ser aplicáveis, mas devem ainda ser efetivas considerando a realidade organizacional na qual o sistema é pertencente.

4.5 Seleção da efetividade das atividades

Na aplicação da MCC é necessário escolher atividades de manutenção aplicáveis, como apresentada no tópico anterior. Porém, além disso, é importante garantir que essas atividades sejam também efetivas ao sistema estudado, considerando critérios gerais que impactam a organização e componente avaliado.

Desse modo, as atividades aplicáveis são agora avaliadas, no Quadro 13, quanto à efetividade em relação aos fatores econômico, operacionais e técnicos.

Quadro 13 – Seleção das atividades efetivas

Atividade	Efetividade		
	Econômico	Operacional	Técnica
Substituição preventiva	O custo da substituição do item deve ser menor do que o da falha prevenida.	Prevenir e reduzir potenciais riscos de falhas a um nível aceitável, de modo a não parar o funcionamento do componente.	Deve ser aplicada através de técnicas existentes e confiáveis, de modo a reduzir falhas, garantindo economia e segurança a operação.
Restauração preventiva	O custo da restauração do item deve ser menor do que o da falha prevenida.	Prevenir e reduzir potenciais riscos de falhas a um nível aceitável, de modo a não parar o funcionamento do componente.	Deve ser aplicada através de técnicas existentes e confiáveis, de modo a reduzir falhas, garantindo economia e segurança a operação.
Inspeção funcional	A inspeção deve evitar gastos com problemas funcionais e identificar falhas a um custo baixo.	Prevenir e reduzir potenciais riscos de falhas a um nível aceitável, de modo a não parar o funcionamento do componente.	Deve ser aplicada através de técnicas existentes e confiáveis, de modo a reduzir falhas, garantindo economia e segurança a operação.
Reparo funcional	Deve reduzir custos.	Prevenir e reduzir potenciais riscos de falhas a um nível aceitável, de modo a não parar o funcionamento do componente.	Deve ser aplicado através de técnicas existentes e confiáveis, de modo a reduzir falhas, garantindo economia e segurança a operação.
Serviço operacional	Deve reduzir custos.	Prevenir e reduzir potenciais riscos de falhas a um nível aceitável, de modo a	Deve ser aplicado através de técnicas existentes e confiáveis, de modo a reduzir

		não parar o funcionamento do componente.	falhas, garantindo economia e segurança a operação.
--	--	--	---

Fonte: Autora (2021)

Portanto, determinada a aplicabilidade e efetividade das atividades aos modos de falhas, se pode agora definir qual atividade se adequa a cada modo apresentado.

4.6 Seleção das atividades aplicáveis e efetivas

A seleção das atividades aplicáveis e efetivas baseia-se nas informações apresentadas nas etapas anteriores, as quais permitem conhecer detalhadamente o processo de funcionamento do subsistema e de seus componentes, assim como identificar e analisar os modos de falha que podem ocorrer, bem como suas causas. Para cada modo de falha é apresentada uma atividade de manutenção, as quais foram designadas através da aplicação do diagrama de decisão estratégica, sendo estas expressas no Quadro 14.

Quadro 14 – Seleção das atividades aplicáveis e efetivas

Modo de falha	Causa da falha	Atividade de manutenção
Óleo misturado à água	Vazamento no intercambiador de óleo lubrificante	Substituição preventiva
Óleo misturado ao combustível		Substituição preventiva
Alta pressão do óleo	Válvula de alívio de pressão da bomba de óleo travada fechada	Inspeção funcional
Baixa pressão do óleo	Desgaste interno	Inspeção funcional
	Válvula de alívio de pressão da bomba de óleo travada aberta	
	Mola da válvula de alívio de pressão quebrada	
	Tubo de sucção desgastado	
	Peneira do tubo de sucção entupido	
Falha na filtragem do óleo	Óleo lubrificante sujo	Substituição preventiva
	Filtro obstruído	
Excessiva pressão no cárter	Desgaste nos cilindros	Restauração preventiva
	Bomba de alta pressão desgastada	
	Tubo de respiro do cárter entupido	
Dificuldade de pescar óleo	Cárter seco	Serviço operacional
Vazamento de óleo	Interruptor de pressão do óleo estourado	Substituição preventiva
	Cárter furado	
Vazamento do fluido refrigerante	Juntas e vedações desgastadas, secas ou quebradas	Restauração preventiva
Barulho alto ao pisar no acelerador	Polias da bomba d'água soltas	Reparo funcional
Superaquecimento	Radiador entupido internamente ou	Inspeção funcional

	externamente	
	Falta de água no sistema de arrefecimento	
	Falta ou proporção incorreta de aditivo no sistema de arrefecimento	
Redução do fluxo de ar	Aletas e canaletas obstruídas	Restauração preventiva
	Ventoinha e mangueiras desgastadas	
Líquido arrefecedor circulando somente no motor	Válvula termostática defeituosa	Substituição preventiva
Líquido refrigerante transbordando	Tampa do radiador enferrujada	Restauração preventiva
Falta de água circulando no motor e radiador	Falha no acionamento da bomba d'água	Substituição preventiva
	Mangueiras defeituosas	
Leitura falsa da temperatura	Sensor defeituoso	Substituição preventiva

Fonte: Autora (2021)

Esta seleção é de suma importância para o funcionamento correto do sistema, visto que é através dela que a incidência de falhas são reduzidas ou corrigidas, proporcionando uma operação segura e satisfatória aos usuários, garantindo confiabilidade dos componentes.

4.7 Definição da periodicidade das atividades

Por fim, a definição da periodicidade é de suma importância para consolidar a efetuação da manutenção, além de permitir o controle das tarefas realizadas ou que ainda necessitam serem aplicadas, de modo a garantir a confiabilidade e disponibilidade do sistema como um todo.

Para realizar a determinação do período adequado a realizar as tarefas de manutenção, adotou-se como base o manual do motor utilizado no veículo estudado, além de pesquisas acerca das condições de manutenção dos componentes do subsistema. O Quadro 15 ilustra a periodicidade adequada das tarefas de manutenção para prevenção dos modos de falha.

Quadro 15 – Definição da periodicidade das atividades

Modo de falha	Atividade de manutenção	Periodicidade
Óleo misturado à água	Substituição preventiva	6 meses
Óleo misturado ao combustível	Substituição preventiva	6 meses
Alta pressão do óleo	Inspeção funcional	Diariamente
Baixa pressão do óleo	Inspeção funcional	Diariamente
Falha na filtragem do óleo	Substituição preventiva	10.000 Km
Excessiva pressão no cárter	Restauração preventiva	10.000 Km

Dificuldade de pescar óleo	Serviço operacional	6 meses
Vazamento de óleo	Substituição preventiva	10.000 Km
Vazamento do fluido refrigerante	Reparo funcional	20.000 Km
Barulho alto ao pisar no acelerador	Reparo funcional	20.000 Km
Superaquecimento	Inspeção funcional	Diariamente
Redução do fluxo de ar	Restauração preventiva	A cada 5 anos
Líquido arrefecedor circulando somente no motor	Substituição preventiva	15.000 Km
Líquido refrigerante transbordando	Restauração preventiva	Anualmente
Falta de água circulando no motor e radiador	Substituição preventiva	A cada 5 anos
Leitura falsa da temperatura	Substituição preventiva	Anualmente

Fonte: Autora (2021)

Após a elaboração desta última etapa da MCC é possível desenvolver o plano de manutenção, tendo em vista que as atividades de manutenção e periodicidade já foram determinadas, facilitando assim a elaboração deste.

4.8 Elaboração do plano de manutenção

A elaboração do plano de manutenção envolve a junção de vários aspectos informativos acerca do item. A documentação destas informações contém dados como o tipo de manutenção, descrição da tarefa, frequência para realiza-las e datas, com o intuito de prevenir falhas e manter o bom funcionamento do equipamento, além disso, o plano de manutenção representa a política organizacional adota pela instituição.

O plano elaborado (Quadro 16) foi fundamentado na sétima etapa da metodologia MCC e nas instruções de manutenção do manual do motor, no qual recomenda-se em casos de veículos pesados a redução pela metade no período de realização da manutenção, desse modo, pode-se dizer que as tarefas a serem realizadas possuem embasamento e eficiência na prevenção e redução de falhas.

Quadro 16 – Plano de manutenção

PLANO DE MANUTENÇÃO												
Modelo: MWM 4.12 TCE / Euro 3		Período de realização da manutenção Data: __/__/____										
Sistema: Motor												
Subsistema: Sistema de lubrificação e arrefecimento												
Tipo de manutenção	Descrição da tarefa	Diariamente	A cada 6 meses	Anualmente	A cada 5 anos	2.500 Km	5.000 Km	10.000 Km	15.000 Km	20.000 Km	30.000 Km	40.000 Km
Inspeção funcional	Verificar o nível de óleo lubrificante	X										
Inspeção funcional	Coletar amostra do óleo lubrificante para análise					X						
Substituição preventiva	Trocar óleo lubrificante (SAE 15W40 – API CH – 4)		X									
Substituição preventiva	Trocar filtro de óleo lubrificante						X					
Inspeção funcional	Verificar válvula de alívio de pressão	X										
Inspeção funcional	Verificar vazamentos na bomba de óleo	X										
Inspeção funcional	Verificar tubulação do óleo								X			
Inspeção funcional	Verificar possíveis vazamentos no motor	X										
Serviço operacional	Abastecer cárter, se necessário		X									
Restauração preventiva	Restaurar cárter, se necessário						X					
Substituição preventiva	Trocar cárter						X					
Inspeção funcional	Verificar nível do líquido arrefecedor	X										
Substituição preventiva	Trocar líquido arrefecedor		X									
Inspeção funcional	Verificar nível de água	X										
Substituição	Trocar água do radiador			X								
Reparo funcional	Verificar folga em válvulas, juntas, vedações e polias do subsistema								X			
Substituição preventiva	Trocar mangueiras do arrefecimento			X								
Substituição preventiva	Trocar válvula termostática							X				
Restauração preventiva	Restaurar ventoinha, se necessário			X								
Restauração preventiva	Restaura tampa do radiador, se necessário			X								
Substituição preventiva	Trocar sensor de temperatura			X								

Fonte: Autora (2021)

A partir da aplicação da metodologia MCC e desenvolvimento do plano apresentado, é possível obter ganhos de melhorias ao subsistema estudado e, assim, impactar positivamente o funcionamento do sistema como um todo, proporcionando boa regularidade no desempenho das atividades prestadas pelo transporte escolar, a fim de garantir a segurança e satisfação dos estudantes, além de reduzir os custos com manutenções corretivas não planejadas.

É importante destacar ainda que, a melhoria das falhas e problemas envolvendo o funcionamento do motor não reduz o índice de ocorrências dos demais componentes do veículo, estes abordados no formulário aplicado, sendo necessário realizar posteriormente um plano de manutenção para estes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou a aplicação da metodologia MCC ao transporte escolar público utilizado pelos estudantes da UFC residentes na cidade de Jaguaruana, uma vez que este é de grande importância para a permanência dos estudantes no âmbito escolar, visto que desempenha um papel de ampliação da unidade de ensino, necessitando assim, possuir bom desempenho funcional e fornecer o conforto adequado aos passageiros a fim de garantir qualidade.

Para embasar o estudo, foi criado e aplicado aos estudantes um formulário eletrônico, que permitiu a visualização das condições gerais do objeto de estudo, através da percepção destes. De acordo com dados do formulário, 83,6% dos estudantes apresentam insatisfação com o serviço prestado, o que gera a necessidade evidente de interferência. Além disso, os indivíduos destacaram as condições mecânicas e superlotação como aspectos prioritários para intervenções, os quais obtiveram 31,5% de respostas, ambas.

Dessa forma, os subsistemas de lubrificação e arrefecimento do motor foram escolhidos para aplicação da MCC, sendo estes compostos por 14 componentes, os quais apresentaram 17 modos de falhas distintos, cuja grande maioria destacou nível de risco alto ou muito alto, visto que a detecção das falhas é difícil quando comparada com os índices de ocorrência e severidade. Além disso, os modos de falha identificados causam danos maiores quando se trata da operação e economia.

A aplicação também permitiu identificar as atividades de manutenção aplicáveis, sendo estas a substituição preventiva, restauração preventiva, inspeção funcional, reparação funcional e serviço operacional, escolhidas por resultarem em ganhos positivos ao funcionamento correto dos componentes, acarretando em segurança, confiabilidade e redução dos custos em manutenção. Já os critérios gerais para definir as atividades efetivas foram operação, economia e técnicas existentes, que impactam tanto no funcionamento do objeto de estudo como na organização. Por fim, a determinação das atividades permitiu elaborar um plano de manutenção simples com a periodicidade adequada.

O trabalho apresentou dificuldades devido à falta de dados para uma realização mais adequada de algumas etapas da metodologia MCC, como ocorrência de falhas. Outra dificuldade foi encontrar dados mais recentes quanto à demanda e condições gerais dos transportes escolares no Brasil, em especial no estado cearense, e panorama de matrículas e ingressos no ensino superior dos residentes do município de Jaguaruana.

Ressalta-se ainda, a difícil empregabilidade do plano desenvolvido neste trabalho, pois o órgão responsável pelo objeto de estudo, a prefeitura de Jaguaruna, não utilizam este modelo para a realização das manutenções e sim, o conserto quando ocorre a falha, não ocorrendo prevenções.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do plano de manutenção desenvolvido, e se observado inadequações, a elaboração de um novo plano adequado à realidade em que o objeto se enquadra. Além disso, propõe-se a elaboração de um plano de ação para os outros fatores que apresentaram criticidade na pesquisa, como a superlotação, freios e pneus.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. de. **Manutenção Preditiva: Benefícios e Lucratividade**. 2000. Disponível em <[MANUTENÇÃO PREDITIVA: BENEFÍCIOS E LUCRATIVIDADE. - PDF Free Download \(docplayer.com.br\)](#)>. Acessado em: 20 de fevereiro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CB-03 Comitê Brasileiro de Eletricidade / CE 03:056.01 - Comissão de Estudos de Confiabilidade. **Confiabilidade e Manutenibilidade - NBR 5462**. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 1994.

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. 2011. 103 f. Trabalho de Monografia (Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1450/3/PG_CEGIPM_VII_2011_12.pdf>. Acessado em: 05 de março de 2021.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 5ª ed. – Florianópolis: UFSC. 2002.

BICOUV, Caroline; PEREIRA, Luiza Novaes Alves; GIORGETTI, Leandro. **Aplicação da ferramenta FMEA para análise de notificações de queixas técnicas de medicamentos sólidos no contexto de quality by design**. Revista eletrônica – ISSN: 2595-0584, V. 3 – N. 4, pag. 321-334. 2020. Disponível em: <<https://bjns.com.br/index.php/BJNS/article/view/104/86>>. Acessado em 24 de março de 2021.

BIEHL; N. C.; SELBITTO, M. A. **TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica**. Produção Online - Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção. v.15 n.4, p. 1123-1147. 2015. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1632/1330.%20ISSN:%201676-1901>>. Acessado em: 24 de março de 2021.

BRASIL. Lei nº 10.709, 31 de julho de 2003. Acrescenta incisos aos arts. 10 e 11 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, p. 3, 31 de jul., 2003. Seção 1 – 1/8/2003. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2003/lei-10709-31-julho-2003-467552-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.
FNDE. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/aceso-a-informacao/institucional>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.

BRASIL. Lei nº 10.880, 9 de junho de 2004. Institui o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar - PNATE e o Programa de Apoio aos Sistemas de Ensino para Atendimento à Educação de Jovens e Adultos, dispõe sobre o repasse de recursos financeiros do Programa Brasil Alfabetizado, altera o art. 4º da Lei nº 9.424, de 24 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, p. 1, 9 de jun, 2004. Seção 1 – 11/6/2004. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2004/lei-10880-9-junho-2004-532613-publicacaooriginal-14886-pl.html>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.

BRASIL. Cria o Programa Caminho da Escola. Resolução nº 3, de 28 de março de 2007. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/3127-resolu%C3%A7%C3%A3o-cd-fnde-n%C2%BA-3-de-28-de-mar%C3%A7o-de-2007>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.

BRASIL. Lei de nº 12.816, de 5 de junho de 2013. Altera as Leis nºs 12.513, de 26 de outubro de 2011, para ampliar o rol de beneficiários e ofertantes da Bolsa-Formação Estudante, no âmbito do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego - PRONATEC; 9.250, de 26 de dezembro de 1995, para estabelecer que as bolsas recebidas pelos servidores das redes públicas de educação profissional, científica e tecnológica, no âmbito do Pronatec, não caracterizam contraprestação de serviços nem vantagem para o doador, para efeito do imposto sobre a renda; 8.212, de 24 de julho de 1991, para alterar as condições de

incidência da contribuição previdenciária sobre planos educacionais e bolsas de estudo; e 6.687, de 17 de setembro de 1979, para permitir que a Fundação Joaquim Nabuco ofereça bolsas de estudo e pesquisa; dispõe sobre o apoio da União às redes públicas de educação básica na aquisição de veículos para o transporte escolar; e permite que os entes federados usem o registro de preços para a aquisição de bens e contratação de serviços em ações e projetos educacionais. Disponível em: < <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Lei-12816-2013-06-05.pdf>>. Acessado em: 19 de agosto de 2021.

BRASIL. Lei de nº, 2017. Altera a Lei n.º 12.816, de 5 de junho de 2013, para permitir que os veículos adquiridos para transporte de estudantes por meio de apoio da União possam ser utilizados para o transporte intermunicipal ou interestadual, conforme regulamentação dos Estados, Distrito Federal e Municípios. Diário Oficial [da] República do Brasil. Brasília, DF, p. 1, de 2017. Disponível em: < https://www.google.com/url?client=internal-element-cse&cx=008835120096053955278:hvfkncggyva&q=https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra%3Bjsessionid%3DBE86E7DB65AD0E7022161BF195C189BB.proposicoesWebExterno1%3Fcodteor%3D1599544%26filename%3DPL%2B8619/2017&sa=U&ved=2ahUKEwiJ2avehOruAhXYGbkGHYmzAQoQFjAFegQIARAC&usg=AOvVaw25exOTuB_3B1SyjXWIMxRh>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.

BRITO, J. N.; LIMA, P. F. R.; PORTES, D. F. **Sistema de informação e gestão da manutenção de equipamentos industriais SIGM.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2005.

CARNEIRO, Vladinice Clemente de Azevedo. **Manutenção planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas.** 2019. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2019.

COETZEE J.L. *A holistic approach to the maintenance "problem"*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 Nº 3, pp. 276-280. 1999.

COLLICCHIO *et al.* **Pesquisa Nacional Custo Aluno: o transporte escolar rural sob diversos olhares.** Palmas: UFT, 2013. 318p. ISBN: 978-85-63526-35-9. Disponível em: < http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Educacao/transporte_escolar/livro%20pesquisa%20nacional%20custo%20aluno%20o%20transporte%20escolar%20rural%20sob%20diversos%20olhares.pdf>. Acessado em: 19 de agosto de 2021.

CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. Brasília, DF: Senado Federal: Coordenação de Edições Técnicas. 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acessado em: 13 de fevereiro de 2021.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. (2007). **Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica** (2a ed.). São Paulo: Atlas.

CORREA, Sonia Maria Barros Barbosa. **Probabilidade e estatística. 2ª ed.** – Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** 104f, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. Disponível em: < https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2012_3_Mariana.pdf>. Acessado em 23 de março de 2021.

CRETELLA JUNIOR, José. **Curso de Direito Administrativo.** 18ª edição. Forense, 2012.

DANTAS, Saulo de Moraes. **Implantação de um plano de manutenção em uma indústria de temperos: um estudo de caso.** 2018. 47f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal Rural do

Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3571/2/Saulo%20MD-MONO.pdf>>. Acessado em: 31 de agosto de 2021.

DARIO, A. B.; NUNES, R. S. **Avaliação de cotistas e não cotistas: uma análise do desempenho acadêmico e da evasão em um curso de graduação de administração**. 3º Simpósio Avaliação da Educação Superior. Florianópolis. 2017.

DIÁRIO DO NORDESTE (2018). **645 mil estudantes dependem do transporte público escolar**. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/645-mil-estudantes-dependem-do-transporte-publico-escolar-1.1898075>>. Acessado em: 19 de agosto de 2021.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (2019). Disponível em: <https://granja.ce.gov.br/arquivos/licitacao/241/2353/PUBLICACAO%20DO%20AVISO%20-%20DOU%20DOE%20DN.pdf>. Acessado em: 11 de agosto de 2021.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO CEARÁ (2017). Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/134209792/doesce-10-01-2017-pg-112>. Acessado em: 11 de agosto de 2021.

EMANUEL, C. **Tipos de manutenção**. 2012. Disponível em: <Tipos de Manutenção - Manutenção corretiva,preditiva,preventiva,produtiva... - Docsity>. Acessado em: 24 de março de 2021.

FERNANDES, Marcelo Ávila. **Gestão de Conhecimento na Engenharia de Manutenção**. Astrein, Tecnologia para engenharia e conhecimento, 2005.

FERREIRA, L. L. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. 2009. 60f. p.23. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

FERREIRA *et al.* **Proposta de um método para priorização de risco em FMEA considerando custo de ocorrência do modo de falha em sua etapa de detecção**. 2016. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_323_29518.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2021.

FIGUEIREDO, Nélia Maria Almeida de. (Org.). **Método e Metodologia na Pesquisa Científica**. s.l., Difusão Editora, 2004.

FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro.

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

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostilha.

FREITAS, I. C. M.; BRAGA, J. R. M. (2013). **Os universitários viajantes: suas práticas e sociabilidades**. O público e o privado, 1(21),91-108.

FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. 208f, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30369953.pdf>>. Acessado em: 23 de março de 2021.

GARG, A.; DESHMUKH, S. G. **Maintenance Management: literature review and directions**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 12, n. 3, p. 205-238, 2006. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552510610685075/full/html>>. Acessado em: 19 de agosto de 2021.

GERÔNIMO, Maycon da Silva; LEITE, Bruno Cardoso Costa; OLIVEIRA, Ricardo Daher. **Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso**. Exacta, vol. 15, núm. 4, pp. 167-183. 2017.

Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81054651013>>. Acessado em: 23 de março de 2021.

GERHARDT, Tatiana; SILVEIRA, Denise. **Métodos de pesquisa** - 1. Ed. - Porto Alegre. Editora UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. - São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITS C.W. *Design of maintenance concepts*. International Journal of Production Economics, 24, pp. 217-226. 1992.

GUIA DO TRANSPORTE ESCOLAR. Disponível em: <<https://www.fnede.gov.br/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/131-transporte-escolar?download=6897:guia-do-transporte-escolar>>. Acessado em: 14 de fevereiro de 2021.

HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções: 1789-1848**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2010.

IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acessado em: 30 de agosto de 2021.

IBGE. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência 1º de julho de 2021**. Disponível em: < https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf>. Acessado em: 30 de agosto de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopse Estatística da Educação Básica 2020**. [Online]. Brasília, Inep, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-basica>>. Acessado em: 30 de agosto de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopse Estatística da Educação Básica 2010**. Brasília, Inep, 2019. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>>. Acessado em: 30 de agosto de 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. rev. e amp. – Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção – Função Estratégica**. 4ª ed. - Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

KAUER, R. *et al. Risk Acceptance Criteria and Regulatory Aspects*, Power Plants - Operation Maintenance and Material Issues, Vol. 1, nº 2, 2002.

KIBRIA, Golam; KABIR, Enamuel; BOBY, Mahbulul Islam. *Investigation of Sigma Level at the Stage of Testing Cement after Packing and Improving it using FMEA Approach*. Global journal of researches in engineering (G), vol. 14, version 1, 2014.

KLEIN, Luiz Pedro. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada em veículo de carga frigorífica**. 2017. 49f. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade). Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba – PR. 2017. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12317/1/CT_CEECVIT_1_2016_18.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2021.

KOBBACY, A. H.; MURTHY, P. *Complex System Maintenance Handbook*. 1ª. ed. Manchester: Springer, 2008.

LABRE, Pedro Paulo Vieira Queiroz. **Análise de vibração e termografia na manutenção e confiabilidade de equipamentos em uma usina de beneficiamento de sementes**. 75f, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. Disponível

em: < <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25383/1/AnaliseVibracaoTermografia.pdf>>. Acessado em 23 de março de 2021.

LEONARDO, Marcos Túlio Gurjão; JUNIOR, Walter Marinho Goldstein. **Análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada ao Sistema de Ar Condicionado de um Ônibus de uso Urbano no Rio de Janeiro**. 2015. 140f. Centro Federal De Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET. Rio de Janeiro – RJ. 2015. Disponível em: < http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/An%C3%A1lise_Manuten%C3%A7%C3%A3o_Centrada_Confiabilidade_Apl_Sist_Ar_Condicionado_em_%C3%94nibus_Urbano_RJ.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2021.

LIAO, Ching-jong; HO, Chao Chung. *The use of failure mode and effects analysis to construct an effective disposal and prevention mechanism for infectious hospital waste*. Waste Management, v. 31, n. 12, p. 2631-2637, 2011.

LOTTERMANN, Adriano Antonio. **Elaboração de um plano de manutenção para máquinas de usinagem de laboratório de estudos da Fahor**. 2014. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Faculdade de Horizontina, Horizontina. 2014.

MARCORIN, W. R.; Lima, C. R. C. **Análise dos Custos de Manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos**. Revista Ciência & Tecnologia [on line] jul./dez. 2003, v.11 n.22. 2003. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/4745864-Analise-dos-custos-de-manutencao-e-de-nao-manutencao-de-equipamentos-produtivos.html>>. Acessado em: 23 de março de 2021.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. (2015); **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva.

MEIRELLES, Hely Lopes; FILHO, José Emmanuel Burle. **Direito administrativo brasileiro**. 42. ed./atual. até a Emenda Constitucional 90, de 15.9.2015. São Paulo: Malheiros, 2016. 968 p.; 21 cm. Inclui bibliografia e índice. ISBN 978-85-392-0319-2.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/par/455-governo-1745665505/ogaos-vinculados-627285149/20519-fnde-fundo-nacional-de-desenvolvimento-da-educacao>>. Acessado em: 19 de agosto de 2021.

MONCHY, F. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <Cursos - Pós-graduação - Universidade de Taubaté - UNITAU>. Acessado em: 24 de março de 2021.

MOREIRA, Luiz Antônio Corvello Fraga. **Aplicação veicular da manutenção centrada em confiabilidade**. 2010. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre Profissional em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde-26122014-181230/publico/Diss_luiz_moreira.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2021.

MORO, N.; AURAS, A.P. (2007). **Introdução a Gestão da Manutenção**. Apostila do Curso Técnico de Mecânica Industrial –CEFET/SC. Florianópolis. Disponível em: <<http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf>>. Acessado em: 23 de março de 2021.

MOUBRAY, J. *Reliability-centered maintenance: second edition*. 2ª ed. - New York: Industrial Press Inc., 1997.

NAVSEA. *Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook*. S9081-AB-GIB-010. Naval Sea Systems Command. USA, 2007.

NETTO, W. A. C. **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias**. 2008. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <Wady-UFJF-Engenharia-Monografia.pdf>. Acessado em: 24 de março de 2021.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

PASCOLI, José A. **Curso de Manutenção Industrial.** Apostila, 1994.

PATTON, Jr Joseph D. **Preventive Maintenance.** Instrument Society of America, 1983.

PIETRO, Maria Sylvia Zanella Di. **Parcerias na Administração Pública.** 9ª ed. Atlas. 2012.

PINHEIRO, Theo Goulart Santos. **Diagnóstico do transporte escolar rural público no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES.** 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) – Programa de pós-graduação em gestão pública. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6665_DISSERTA%C7%C3O%20FINAL%20-%20THEO%20GOULART%20BRAVO%20S.%20PINHEIRO.pdf>. Acessado em: 16 de fevereiro de 2021.

PINTO, Alan K., XAVIER, Júlio A. N. **Manutenção Função Estratégica.** Rio de Janeiro, Qualitymarck Ed., 2001.

PINTO, A. K; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica.** 2.ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

PORTAL UFC (2020). **Anuário Estatístico.** Disponível em: <http://www.ufc.br/images/_files/a_universidade/anuario_estatistico/anuario_estatistico_ufc_2020_base_2019.pdf>. Acessado em: 17 de fevereiro de 2021.

PUENTE, J.; et al. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 2, v. 19, 2002.

RABELO, Mariane Helena Sances; SILVA, Eric Keven; PERES, Alexandre de Paula. **Análise de modos e efeitos de falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal.** Engenharia sanitária e ambiental, v.19, n.1, p. 79-86, jan/mar. 2014.

REIS, Felipe José Lima dos. **Proposta de melhoria na eficiência da manutenção em viaturas militares da escola de sargentos das armas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). 2018. 62f. Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha – MG. 2018.

ROSA, Rafael Nunes da. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em um processo da indústria automobilística.** 2016. 102f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/163902/001025292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em: 25 de março de 2021.

ROSS *et al.* **Aplicação da ferramenta fmea: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de passageiros.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1 e 2, p. 29-32, jan./jun. 2007. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/viewFile/157/132>>. Acessado em: 25 de março de 2021.

RÚDIO, Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** 34ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

SANTOS, Leandro Oliveira dos; PACHECO, Diego Augusto de Jesus. **Determinantes para o alinhamento entre gestão da manutenção industrial e o planejamento estratégico.** Revista Ingeniería-Anõ 15 N°1: 101-125, 2016. Disponível em: <<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/2545/3212>>. Acessado em: 23 de março de 2021.

SANTOS *et al.* **Sistema de gestão da qualidade em instituições de ensino: integração do FMEA e PROMETHEE II.** XL ENEGEP. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/346681471_SISTEMA_DE_GESTAO_DA_QUALIDADE_EM_INST>

ITUICOES_DE_ENSINO_INTEGRACAO_DO_FMEA_E_PROMETHEE_II>. Acessado em: 24 de março de 2021.

SEELING, Marcelo Xavier. **Desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de alimentos do Rio Grande do Sul**. 175 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/9015>>. Acessado em: 23 de fevereiro de 2021.

SILVA, Alan Ricardo da. **Metodologia para avaliação e distribuição de recursos para o transporte escolar rural**. Tese de Doutorado. Brasília: UnB, 2009.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. 1ª (Reimpressão) ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMITH, Ricky; MOBLEY, Keith R. **Rules of thumb for maintenance and reliability engineers**. 1ª ed. – Editora: Butterworth Heinemann, 2011.

SOARES, E. C. M. **Evolução da manutenção**. 2017.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

SOUZA, Ricardo Silva de. **Aplicação da ferramenta FMEA de processos em uma indústria de bebidas**. 2017. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção). Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Lajeado – RS. 2017. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1942/1/2017RicardoSilvadeSouza.pdf>>. Acessado em 24 de março de 2021.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Novo Polo Publicações, 1999.

TAVARES, Guilherme Mendes. **Aplicação da FMEA na Manutenção de Motores Automotivos: Um Estudo de Caso**. 2018. 55f. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão. São Luís – MA. 2018. Disponível em: <http://45.71.6.36/handle/123456789/1189?locale=de>. Acessado em: 25 de março de 2021.

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

TATSCH, Daniel Mocelin. **Metodologia da manutenção centrada na confiabilidade aplicada em uma máquina de montar pneus**. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica). 2010. 31f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2010.

THOM, Frederico Carlos Maciel. **Modelo de cálculo de risco dinâmico aplicado a compressores de gás**. 2018. 335f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil na área da concentração Construção Metálica). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto – MG. 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/sandr/Downloads/TESE_ModeloC%C3%A1culoRisco.pdf>. Acessado em: 24 de março de 2021.

TOAZZA, G. F.; SELMITO, M. A. **Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro**. Revista Produção Online. V.15, n.3, 2015. Disponível em: <Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro | Toazza | Revista Produção Online (producaoonline.org.br)>. Acessado em: 23 de março de 2021.

TOZZI, A. R. **Desenvolvimento de um programa de verificação de processo de lançamento de cabos com o auxílio da FMEA**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia, Porto Alegre, RS, 2004. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Desenvolvimento+de+um+programa+de+verifica%C3%A7%C3%A3o+de+processo+de+lan%C3%A7amento+de+cabos+com+o+aux%C3%ADlio+da+FMEA&author=TOZZI+A.+R.&publication_year=2004>. Acessado em: 24 de março de 2021.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO CEARÁ. **Auditoria Operacional do transporte escolar**. 2015. Disponível em: <https://www.tce.ce.gov.br/downloads/Jurisdicionado/Fiscalizacao_Control/Auditoria_Operacional/1-FUNCAO-EDUCACAO-1_3-TRANSPORTE_ESCOLAR-AUD201500022015053050.pdf>. Acessado em: 24 de março de 2021.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística**. 7ª ed. Rio de Janeiro, LTC, 1999.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle de manutenção** – Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total: um modelo adaptado**. 1997. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

XENOS, Harilaus G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: EDG, 1998.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte. Editora Desenvolvimento Gerencial, 2004.

ZANETTI, Mateus Batista. **Aplicação da metodologia FMEA para revisão das estratégias de manutenção em equipamentos de perfuração de uma mineradora**. 2019. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto. João Monlevade, Minas Gerais. 2019.

ZAIONS, Douglas R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003. 219 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

ANEXO A – FORMULÁRIO ELETRÔNICO



COLETA DE DADOS - TCC EM MANUTENÇÃO

Olá pessoal, tudo bem?
Este formulário visa a obtenção de dados que darão suporte a elaboração do meu TCC.
Os dados coletados permitirão a elaboração de um plano de manutenção exclusivo para o transporte público escolar utilizado na locomoção dos estudantes até a universidade, ou seja, de Jaguaruana-CE a Russas - CE.

Você está satisfeito com o serviço de transporte público escolar fornecido? *

Sim

Não

Qual desses fatores você considera que afetam a durabilidade do veículo? *

Componentes mecânicos

Segurança (Cintos, bancos e janelas)

Superlotação

Rota

Condução dos motoristas

Se você selecionou o fator "componentes mecânicos", qual destes você considera necessário a manutenção constante? *

Motor

Freios

Amortecedores

Pneus

Você já vivenciou algum destes fatores citados anteriormente? *

Sim

Não

Se sua resposta à pergunta anterior foi sim, comente brevemente sua experiência. *

Texto de resposta longa

ANEXO B – COMENTÁRIOS OBTIDOS ATRAVÉS DO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Se sua resposta a pergunta anterior foi sim, comente brevemente sua experiência.
O componente mecânico que mais tende a quebrar é o motor, porém pneus furados ocorrem com certa frequência. Muitas vezes paramos no caminho entre Russas- Jaguaruana por problemas mecânicos esperando outro veículo, provavelmente com as mesmas condições de desgaste nos seus componentes.
Já aconteceu de pneus estourarem, e problemas na força do motor
Já andei com o ônibus sem luz, sem freio, com pneu furado e por aí vai. Inúmeras vezes fomos em ônibus que nem janela possuía.
Quase sempre há superlotação que, por vezes, até triplica a quantidade de passageiros que o fabricante recomenda ser transportado. Fora que as rotas, por vezes, envolvem estradas com buracos e os caminhos por estrada de terra eram frequentes.
Com as estradas ruins e impaciência dos motoristas, o ônibus costuma passar com tudo por buracos ou falhas na estrada
1- O ônibus quase sempre está superlotado o que deve prejudicar a durabilidade do veículo. 2- Muitas vezes devido os ônibus terem alguma irregularidade os motoristas são orientados a não ir pelo asfalto e sim pela estrada carrossal, cheia de buracos, com o ônibus superlotado também prejudicando os veículos. 3- Os motoristas por sua vez ignoram a superlotação e os buracos na estrada e dirigem muito rápido pondo em risco a vida dos alunos e prejudicando a durabilidade do veículo.
Já tivemos vários problemas com relação a quebra do veículo (ônibus) devido os maus cuidados do msm, isso pq não é feita manutenção preventiva, fazendo com que a quebra do ônibus seja constante, ainda mais pq a rota não favorece muito, sem contar a superlotação de alunos, ocasionando muitas atrocidades para nós estudantes.
Ônibus superlotados
Pneu sair do ônibus em movimento, pneu amarrado com corda para chegar em Jaguaruana, janela quebrada, superlotação quase todos os dias, rota pelo interior, muita poeira, buracos e etc.
Na maioria dos dias o único ônibus que leva e trás os alunos da UFC de russas volta pra Jaguaruana muito lotado e o problema maior não é nem voltar pra casa em pé mas vir sem nem se quer poder se mexer
Ônibus completamente lotado
O pneu do ônibus sacou fora
Superlotação, atrasos para ir buscar os alunos..
Sobre as perguntas, eu acho pouca elaboradas, pq componentes mecânicos no caso n tem como escolher um somente, pois se um estiver bom e o outro ruim n adianta de nada, no caso tive problemas com o motor, mas tbm acho que todas as opções era pra ter em um único item
Acredito que a durabilidade de um ônibus não está somente ligado aos componentes mecânicos e sim á um conjunto de fatores como a superlotação e a condução do motorista como também as rotas que são regadas de buracos, já enfrentei diversas dificuldades com ônibus e esses foram os pontos principais que já notei.
Os ônibus estão sempre lotados, ultrapassando a quantidade permitida de pessoas.
Ônibus parou de funcionar durante a viagem e tivemos que esperar por quase 1h outro transporte.
Os ônibus costumam ir para russas pelo interior e a pista nem sempre é favoravel, podendo causar problemas no ônibus
Condução em alta velocidade, motor esquentando, super lotado estouro de pneu
Ja tive que pular de fora para dentro do ônibus em movimento, pois tinha ocorrido um problema na embreagem do ônibus e ele não poderia subir uma determinada subida bem ingrime com muito peso, então parte dos alunos tiveram que descer e após o ônibus subir ele não poderia parar, então tivemos que pular para dentro do ônibus em movimento
A resposta foi não
eu ainda não vivenciei nenhum desses itens citados não
Convivo diariamente com a superlotação e com o mau funcionamento mecânico do transporte público.
Os ônibus são super lotados, geralmente aparece algum problema no motor no meio do caminho, é muito desconfortável
Já presenciei falhas no motor durante o percurso e desgastes/furos dos pneus.
Sem comentários
Motor sobre aqueceu e parou, no dia de prova, todo dia de prova o ônibus da o prego, n sei pq, sobre as perguntas, dava pra elaborar melhor, pq msm escolhendo o motor as outras tbm tem q ser constantemente averiguada, n adianta o motor estar bom e n ter freio, ou lugar pra sentar
A superlotação é bem comum acontecer no transporte da minha cidade e acaba causando danos ao transporte. Mas também ocorrem os problemas mecânicos geralmente no motor.
Já tive de ir no ônibus muito lotado, cada buraco que passava a suspensão sofria. Fora que não é só um único fator: É a superlotação, falta de segurança, falta de manutenção, motoristas imprudentes
A segurança nos ônibus é muito precária, as vezes tem os vidros das janelas quebrados, os bancos com ferro incomodando e muitos deles sem o cinto de segurança, trazendo consigo um perigo enorme para os estudantes devido a superlotação que tem
horível, principalmente quando acontece a noite, que você já vem cansada do dia, ainda tem que passar por isso!

Se sua resposta a pergunta anterior foi sim, comente brevemente sua experiência.
Várias vezes cheguei atrasado na aula ou em casa devido problema não do no pneu mas como em outras partes dos veículos que estão sempre a mercê de algum problema mecânico
O veículo chegou a inguissar no meio do caminho algumas vezes.
São muitas pessoas para pouco espaço.
Todos os fatores citados afetaram e afetam não só na qualidade do veículo, mas também na segurança dos alunos transportados. Durante o período em que estive utilizando os transportes disponibilizados por diversas vezes os mesmo "deram o prego no caminho", as causas eram diversas, como pneu furado, problema no motor entre outros. Alguns dos problemas eram comuns do transporte e já era previsível, acredito que pela falta de manutenção. Fora isso existiam fatores internos aos veículos, como bancos estragados, falta de cinto e até mesmo vidro da janela, o que tomava a viagem desconfortável.
Rota com muito buraco
Andar num ônibus super lotado é horrível, não há conforto algum, além de falta de segurança, as chances de se machucar é muito grande.
Não exatamente motor, mas vi várias situações do ônibus parar por problemas de peças, muitas manutenções feitas às pressas e falta de manutenção preventiva
Já teve momentos em que o pneu furo. Já teve outro momento em que o motor esquentou muito e o principal motivo disso foi muito provavelmente a superlotação, ou seja o ônibus ultrapassou o limite de passageiros que poderia transportar. Em outra ocasião que o freio não estava muito bom. Enfim, isso mostra que sempre é importante fazer revisão nos ônibus (principalmente os que levam os universitários a faculdade) já que o caminho é mais longo, Isso traz uma segurança maior e diminui o medo. O surgimento de diversos problemas em um ônibus e justamente a falta de revisão, por isso afeta a sua durabilidade, sempre é importante ter a certeza da segurança, e isso.
Ônibus parar por conta de motor super aquecido
Motor superaquecido, problemas no freio e embreagem.
Não exatamente motor, mas vi várias situações do ônibus parar por problemas de peças, muitas manutenções feitas às pressas e falta de manutenção preventiva
Perca de força do motor durante a rota.
A frota de ônibus do município de Jaguaruana é muito pequeno, por conta disso ônibus que são projetados para trabalharem somente em asfalto acabam fazendo rotas carroçais para transportar as crianças dos interiores às escolas, por conta disso, estes onibus acabam em péssimo estado e o município não realiza manutenções com frequência ou as vezes nem realizam
Nada a declarar
nao tenho comentarios.
o motor parou diversas vezes no caminho
acho tudo é importante, os freios vivem parando e o motor também
o pneu sacou fora
eu achei que as perguntas ficaram confusas, a segunda não se relaciona com a primeira o totalmente e mesmo assim é obrigado responder
a falta de freios
sem comentarios
a rota que os motonistas usam com muito buraco e poeira
resposta foi nao
muitas coisas, pneu sacou fora, o motor parou, sem freios
muitos problemas, acho interessante voce abordar tudo no seu trabalho, porque resolver um nao elimina o outro, mas o principal é o freio, motor e muitos estudantes no mesmo onibus
sem freio de tudo o onibus
nada
sim. problemas principalmente nos freios e muita superlotação
nao quero comentar
ja vivenciei muitos problemas no onibus, teve um episodio que o onibus bateu em uma vaca por causa da falta de freios e o motonista ia rapido
o motor parava direto.
alem do onibus ta sempre lotado, a estrada que o motorista andava era ruim e ele ia em alta velocidade, e no começo o onibus demoravam muito
nada a declarar
gostei muito da sua iniciativa. vivi muitos problemas, mas a superlotação me incomoda muito, deveria ter mais ônibus
problemas nos freios
sim, uma vez o motorista ia rapido e na estrada dos sitios que batemos em uma animal na volta, já era de noite
a falta de freios
tudo que você colocou já aconteceu, os freio, motor, pneu e os outros, não acho ideal você abordar somente algum ou um, porque so pode selecionar um, tem que abordar todos
os motonistas andam rapido e são sem paciencia
ja vi problemas relacionados ao motor, tipo faltar peças ou demorar muito pra arrumar, isso gerava muitos atrasos nos horários porque tinha que arrumar outro onibus, eu acho tambem que os freios podem ser um problema porque tinha pouco e os onibus sempre estão tão cheios, é muito estressante
eu já passei por várias situações, porque já utiliza a quatro anos e o ônibus sempre foi muito lotado, a comunicação no grupo também é difícil é tanto que já aconteceu de alguns alunos serem deixados
eu acho que além desse componentes físicos que você comentou, é necessário avaliar a questão da quantidade de alunos que usa o mesmo transporte