

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUIS GABRIEL MORALES LIMA DE FREITAS

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE:
ESTUDO DE CASO DE UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO SETOR DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Bagé
2022**

LUIS GABRIEL MORALES LIMA DE FREITAS

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE:
ESTUDO DE CASO DE UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO SETOR DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Mauricio Nunes Macedo de Carvalho

**Bagé
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

D278e De Freitas, Luis Gabriel Morales Lima
ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE: ESTUDO
DE CASO DE UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO
CIVIL / Luis Gabriel Morales Lima De Freitas.
62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2022.
"Orientação: Mauricio Nunes Macedo De Carvalho".

1. Algoritmo de criticidade. 2. Manutenibilidade. 3.
Manutenção centrada em confiabilidade. 4. FMEA. 5. Estratégia
de manutenção. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

LUIS GABRIEL MORALES LIMA DE FREITAS

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO DE UMA
PRESTADORA DE SERVIÇOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 18 de Março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Mauricio Nunes Macedo de Carvalho

Orientador
UNIPAMPA

Prof. Me. Vanderlei Eckhardt

UNIPAMPA

Prof. Dr^a. Evelise Pereira Ferreira

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MAURICIO NUNES MACEDO DE CARVALHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 21:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EVELISE PEREIRA FERREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 21:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VANDERLEI ECKHARDT, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 21:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0751997** e o código CRC **577081D8**.

Referência: Processo nº 23100.004113/2022-75 SEI nº 0751997

RESUMO

A construção civil é um dos setores mais importante para um país, pois influencia na economia e no seu desenvolvimento, como na parte de infraestrutura. No Brasil, o setor participa de forma considerável do Produto Interno Bruto, além de gerar uma grande gama de empregos de qualidade, sendo o maior responsável em alguns estados e municípios pela geração de empregos. Portanto, é de suma importância que os equipamentos deste ramo, mantenham-se em plenas condições de operação. Desta forma, a manutenção e suas ferramentas fazem-se necessárias, pois aborda diversas técnicas, ações administrativas e de supervisão, afim de manter os ativos sempre em condições de operação. Pensando assim, o presente trabalho tem como objetivo definir uma estratégia de manutenção para os equipamentos de uma prestadora de serviços no ramo da construção civil, no município de Bagé-RS, utilizando a ferramenta algoritmo de criticidade do *software* SIGMA, juntamente com a metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade. Por meio deste método, foi possível atingir os objetivos específicos do estudo, no qual, pode-se classificar os equipamentos de acordo com a sua criticidade; definir os equipamentos piloto e seu método de manutenção adequado, além de realizar a aplicação da planilha FMEA. Desta forma, o objetivo principal foi atingindo, onde, a manutenção preventiva é a mais recomendável para a empresa. Por último, é proposto um trabalho futuro, usando como base o planejamento e controle da manutenção, no qual, buscará definir ações estratégicas para os resultados da manutenção.

Palavras-Chave: Algoritmo de criticidade. Manutenibilidade. Manutenção centrada em confiabilidade. FMEA. Estratégia de manutenção.

ABSTRACT

Civil construction is one of the most important sectors for a country, as it influences the economy and its development, as in the infrastructure part. In Brazil, the sector participates in a considerable way in the Gross Domestic Product, in addition to generating a wide range of quality jobs, being the most responsible in some states and municipalities for the generation of jobs. Therefore, it is of paramount importance that the equipment of this branch remains in full operating conditions. In this way, maintenance and its tools are necessary, as it addresses several techniques, administrative and supervisory actions, in order to keep the assets always in operating conditions. With this in mind, the present work aims to define a maintenance strategy for the equipment of a service provider in the field of civil construction, in the city of Bagé-RS, using the criticality algorithm tool of the SIGMA *software*, together with the methodology of Reliability Centered Maintenance. Through this method and tool, it was possible to achieve the specific objectives of the study, in which the equipment can be classified according to its criticality; define the pilot equipment and its adequate maintenance method, in addition to carrying out the application of the FMEA spreadsheet. In this way, the main objective was reached, where preventive maintenance is the most recommended for the company. Finally, a future work is proposed, using maintenance planning and control as a basis, in which it seeks to define strategic actions for maintenance results.

Keywords: Criticality algorithm. Maintainability. Reliability-centric maintenance. FMEA. Maintenance strategy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	17
Figura 2 – Estratégias de manutenção.....	19
Figura 3 – Algoritmo de criticidade <i>software</i> SIGMA	25
Figura 4 – Classificação ABC dos Equipamento Seleccionados	38
Figura 5 – Área de execução dos equipamentos na construção residência familiar....	39
Figura 6 – Algoritmo de criticidade betoneira.....	41
Figura 7 – Algoritmo de criticidade martelete.....	42
Figura 8 – Algoritmo de criticidade serra circular de bancada.....	43
Figura 9 – Algoritmo de criticidade serra mármore.....	44
Figura 10 – Vista explodida betoneira.....	46
Figura 11 – Vista explodida martelete.....	48
Figura 12 – Vista explodida serra circular de bancada.....	49
Figura 13 – Vista explodida serra mármore.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – RPN betoneira.....	47
Tabela 2 – RPN martetele.....	48
Tabela 3 – RPN serra circular de bancada.....	50
Tabela 4 – RPN serra circular de bancada.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atribuições e metodologia dos principais métodos de manutenção.....	18
Quadro 2 – Características das formas de atuação da manutenção.....	23
Quadro 3 – Classificação ABC.....	25
Quadro 4 – Metodologia de implantação do MCC.....	27
Quadro 5 – Escala de probabilidade de ocorrência.....	28
Quadro 6 – Escala de severidade.....	29
Quadro 7 – Escala de detecção.....	29
Quadro 8 – Etapas de desenvolvimento.....	35
Quadro 9 – Equipamentos selecionados.....	36

LISTA DE SIGLAS

CMMS – *Computer Maintenance Management System*

EAM – *Enterprise Asset Management*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PIB – Produto Interno Bruto

POP – Procedimentos Operacionais Padrão

RPN – *Risk Priority Number*

SIGMA – Sistema Gerencial de Manutenção

VAB – Valor Adicionado Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização do tema	13
1.2	Delimitação do tema.....	15
1.3	Justificativa.....	15
1.4	Questão de pesquisa	16
1.5	Objetivo geral	16
1.5.1	Objetivos específicos.....	16
1.6	Estrutura do trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Estratégias de manutenção	18
2.1.1	Manutenção corretiva não planejada.....	19
2.1.2	Manutenção corretiva planejada	20
2.1.3	Manutenção preventiva.....	20
2.1.4	Manutenção preditiva.....	21
2.1.5	Manutenção detectiva	22
2.1.6	Engenharia de manutenção	22
2.2	Criticidade de equipamentos.....	23
2.2.1	Algoritmo de criticidade <i>software</i> SIGMA	24
2.3	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)	26
2.3.1	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	27

2.3.1.1	FMEA de processo	30
2.3.1.2	FMEA de produto	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	Método de pesquisa	32
3.2	Seleção da abordagem de pesquisa	32
3.3	Coleta e análise dos dados.....	33
3.4	Limitações dos métodos	34
3.5	Procedimentos metodológicos	34
4	RESULTADOS E ANÁLISE DA PESQUISA	36
4.1	Identificação e seleção dos equipamentos essenciais	36
4.2	Classificação dos equipamentos com base na especificação ABC	38
4.3	Classificação e definição dos equipamentos piloto	39
4.4	Aplicação do algoritmo de criticidade	40
4.5	Construção da planilha FMEA	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	APÊNDICE.....	58

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os principais tópicos que tratam do setor da construção civil, em especial no Rio Grande do Sul, como também os principais fatores influenciadores na manutenção dos equipamentos deste setor.

1.1 Contextualização do tema

O cenário nacional e internacional torna-se cada vez mais competitivo, demonstrando assim a necessidade de que empresas estejam preparadas para atuar com alta concorrência, adaptando-se às constantes mudanças que ocorrem nesses mercados. Portanto, o setor de manutenção destas organizações gera um grande diferencial, por manter ativos e imobilizados em condições de sanar as necessidades do consumidor de forma eficiente e rápida (ALMEIDA, 2018).

Conforme NBR 5462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), a manutenção é um grupo de conceitos para organização e execução. Combina ações técnicas, administrativas e de supervisão, com o objetivo de conservar, realocar ou modificar um objeto, afim que excute a sua função exigida. Portanto, a manutenção ocupa os seguintes escalões de uma organização: o campo, a oficina de reparos e o fabricante, sendo estabelecido pela habilidade pessoal, recursos disponíveis, local entre outros.

Almeida (2014), define a manutenção como um aglomerado de cuidados e procedimentos técnicos, que busca o bom funcionamento e a realização de reparos, em máquinas, peças, moldes e ferramentas. Diversos órgãos certificadores e normalizadores, a definem de variadas maneiras, porém o foco é sempre voltado para o bom desempenho dos equipamentos, sobretudo no sistema produtivo. Desta forma, a atuação da manutenção não se limita apenas a máquinas que estão em operação, mas também na realização de um projeto, visto que, para facilitar as operações de manutenções futuras, a distribuição das peças, a acessibilidade dos conjuntos pelo mecânico e, até mesmo o dimensionamento das peças e componentes, devem seguir critérios.

Na construção civil manter as máquinas em pleno funcionamento é de suma importância. Então, a missão da manutenção é garantir que estas máquinas estejam disponíveis e possam desempenhar suas funções, assegurando o serviço com

confiabilidade, segurança, preservação ambiental e custo adequado. Portanto, o ato de manter, apresenta resultados positivos para empresas da construção predial, pois gera diversos benefícios, como: aumentar a disponibilidade dos equipamentos, evitar paradas para consertos, melhor qualidade, reduzir custos e aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos (FONSECA *et al.*, 2016).

O campo da construção predial participa de forma considerável da economia brasileira, está diretamente relacionado com o desenvolvimento do país e da produção nacional. Nos últimos anos, esse setor responde por 5,3% da economia nacional, apresentando um grande impacto na geração de empregos (NUNES *et al.*, 2020).

O Estado do Rio Grande do Sul ocupa a quarta posição na economia do Brasil pelo tamanho do Produto Interno Bruto (PIB), tendo uma participação de 6,4%. Onde as áreas da agropecuária, da indústria e dos serviços participam na devida ordem com 9,2%, 22,4% e 68,5% do Valor Adicionado Bruto (VAB) do Rio Grande do Sul. Neste cenário, a construção civil coopera com 4,1%, logo, responsável por 110.797 empregos diretos do Estado. Segundo informações da cadeia produtiva da construção civil, referentes ao ano de 2017, o setor representou 8,7% do PIB nacional. Recentemente, o setor teve um desempenho negativo em 2019 no Rio Grande do Sul, entretanto, foi esperado uma recuperação para o ano de 2021 (SINDUSCON, 2020).

Em âmbito municipal, a cidade de Bagé registrou um crescimento de 30% no setor de construção civil no ano de 2020. Devido a pandemia, as pessoas passaram a ficar mais em casa e, desta forma houve um aumento em reformas, construções e até mesmo em investimento em moradia própria. Observou-se que nos meses de março e abril o setor esteve parado, no entanto, no mês de maio obteve uma pequena reação, mas foi a partir de junho que o aumento se tornou considerável (JORNAL MINUANO, 2020).

A construção civil é a fase final de um planejamento, transformando um projeto em uma estrutura ou edificação, que é proporcionado por meio de homens e equipamentos. Máquinas e equipamentos estão em constante evolução, desse modo, modificando a forma dos projetos serem executados, portanto as organizações devem estar sempre em busca de atualizações e melhorias a serem aplicadas em seus processos (PEURIFOY *et al.*, 2015).

O presente estudo busca implantar um plano de manutenção na empresa JLdefreitas Construções, que está localizada na cidade de Bagé-RS, a mesma atua

realizando construções e reformas em gerais. Neste sentido, utilizando o programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), busca definir qual tipo de estratégia de manutenibilidade será adotada: corretiva, preventiva ou preditiva, desta forma, gerando benefícios em relação a produtividade, qualidade e confiabilidade dos equipamentos.

Fogliatto; e Ribeiro (2009), definem o MCC como um programa de várias técnicas de engenharia, que serve para garantir que os equipamentos de uma empresa continuem realizando suas funções de forma eficaz. Também possui um procedimento racional e sistemático, tornando-se a forma mais eficiente para lidar com questões de manutenção.

1.2 Delimitação do tema

O estudo se delimita a aplicação e avaliação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), juntamente com a ferramenta algoritmo de criticidade SIGMA, a uma pequena empresa do ramo da construção civil, a JLdefreitas Construções, que está localizada no município de Bagé, no estado do Rio Grande do Sul.

Por ser uma empresa pequena, o trabalho não se estende a empresas de grande porte, e tem como limitação regional a Campanha Gaúcha, que possui uma região extensa e com vários municípios.

1.3 Justificativa

Em uma empresa do ramo da construção civil, manter os equipamentos em constante disponibilidade é importante. Sendo a manutenção indispensável na disponibilidade dos ativos, desta maneira, afeta de modo direto a produtividade e, por consequência, interfere financeiramente na organização (JUNIOR et al., 2015).

Da mesma forma que máquinas e equipamentos evoluem, a manutenção também evolui, esta evolução não é apenas em procedimentos práticos de montagem desmontagem, substituição de peça e alinhamento, mas principalmente na gestão da manutenção e no desenvolvimento de estratégias de manutenção que se encaixe

melhor a cada necessidade específica. Sendo assim, surgem as seguintes estratégias, de acordo com Almeida (2014): corretiva, preventiva e preditiva.

As vantagens que podem ser geradas para empresas do mesmo segmento e porte, são inúmeras, já que, por tais características, não possuem planos de manutenção dos seus equipamentos. Desta forma, é imprescindível definir a forma de manter os equipamentos de uma empresa, pois, ao definir o tipo mais adequado para um grupo de máquinas, ações podem ser executadas para incremento da eficácia e eficiência de seus processos produtivos.

1.4 Questão de pesquisa

Com base no que foi exposto, o estudo busca responder a seguinte questão: Como realizar o planejamento da manutenção de equipamentos em uma empresa de construção civil de pequeno porte?

1.5 Objetivo geral

O objetivo geral é definir as estratégias de manutenção a serem adotadas por uma empresa prestadora de serviços na construção civil, de maneira que se adéquem aos seus equipamentos.

1.5.1 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo principal, adota-se os seguintes objetivos específicos:

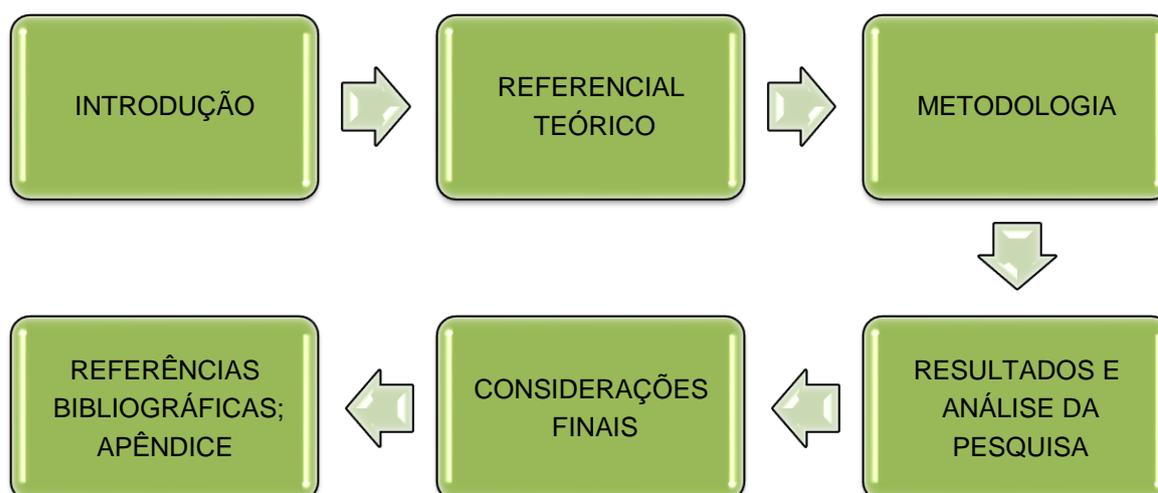
- a) classificar os equipamentos existentes na empresa em estudo de acordo com sua criticidade para o processo produtivo;
- b) selecionar o(s) equipamento(s) piloto, com maior importância para a realização do estudo e definir o método de manutenção adequado;
- c) aplicar a metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho possui uma estrutura com cinco capítulos, mais referências bibliográficas e apêndice, como ilustrado na Figura 1.

No primeiro momento tem-se a introdução que contempla, a contextualização do tema, delimitação do tema, justificativa, questão de pesquisa, objetivo geral e objetivo específico. Após é apresentado o referencial teórico, que aborda conceitos relevantes para o desenvolvimento do estudo e descrever para o leitor os principais temas utilizados. Na sequência, tem-se a metodologia, que apresenta a sistematização e o método utilizado no estudo desenvolvido, descrevendo o caminho que será percorrido para alcançar os objetivos e resultados esperados. Posteriormente, são apresentados os resultados, que tratam da aplicação prática e real do estudo, utilizando a metodologia proposta para o trabalho, a fim de buscar os objetivos estabelecidos. E por fim, as considerações finais, onde é encontrado a conclusão do estudo, especificando os objetivos alcançados e considerações relevantes, além de indicar estudos futuros.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: Autor (2022).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os conceitos relevantes para o desenvolvimento do estudo, por meio do desenvolvimento da revisão bibliográfica. Afim de obter resultados e respostas quanto a problematização denotada no trabalho.

2.1 Estratégias de manutenção

A manutenção é intitulada de diversas maneiras quanto a sua forma de atuação. Dessa forma, acarretando em alguns momentos, dificuldade em relacionar o conceito dos variados nomes, com a sua atividade específica. No Quadro 1, são apresentadas as definições de metodologia e atribuições das principais estratégias de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2012).

Quadro 1 – Atribuições e metodologia dos principais métodos de manutenção

TIPO/MÉTODO/ATIVIDADE	DEFINIÇÃO OU CONCEITUAÇÃO
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.
MANUTENÇÃO CORRETIVA	Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.
MANUTENÇÃO PREDITIVA	Manutenção Preditiva ou Manutenção Controlada – Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando – se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

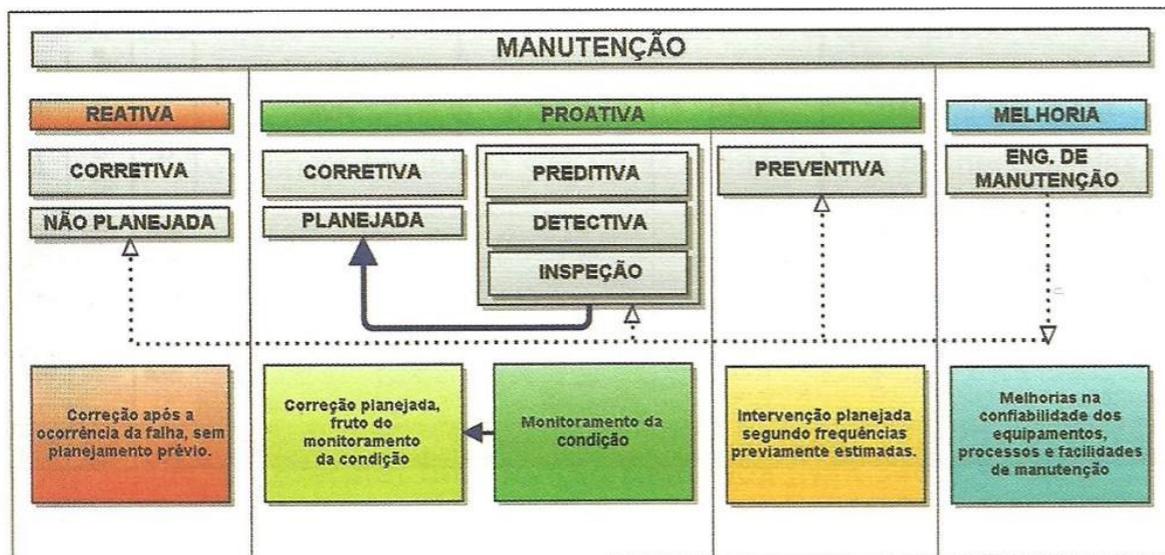
Fonte: Adaptado de Kardec; Nascif (2012).

Kardec; e Nascif (2012), definem seis estratégias de manutenção que envolvem desde a reparação emergencial até a melhoria. Sendo elas:

- a) manutenção corretiva não planejada;
- b) manutenção corretiva planejada;
- c) manutenção preventiva;
- d) manutenção preditiva;
- e) manutenção detectiva;
- f) engenharia de manutenção.

Estas estratégias estão separadas em três grupos distintos: reativa, proativa e melhoria, como apresenta a Figura 2.

Figura 2 – Estratégias de manutenção



Fonte: Allan Kardec; Julio Nascif (2012).

De acordo com Almeida (2014), com a evolução da manutenção, houve um crescimento na administração da manutenção por parte das organizações, desenvolvendo-se assim novos métodos de manter, como, a Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Por outro lado, Kardec; e Nascif (2012), não os definem como novos métodos, e sim como ferramentas que permitem a aplicação dos seis tipos apresentados anteriormente.

2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

A manutenção corretiva não planejada é aquela que não pode ser executada em um momento posterior, desta maneira não podendo ser programada. A pane deve ser solucionada no exato momento que ocorre, tornando-se assim uma manutenção de emergência (BRANCO FILHO, 2008).

Segundo a mesma ideia, Almeida (2018), descreve a manutenção corretiva não planejada, como uma parada imprevista de uma máquina, sendo esta, parte essencial da produção, responsável pelo cumprimento dos prazos de entregas, qualidade e confiabilidade de um produto. Portanto, neste método de manutenção o

suporte deve ser imediato, dessa forma, no momento em que uma máquina ou equipamento apresenta pane, a equipe de manutenção deve realizar o conserto de imediato.

Complementando, Kardec; e Nascif (2012), estabelecem a característica desta estratégia de manutenção, como reativo, pois reage só após a pane do equipamento ou máquina.

Por sua vez Xenos (2014), apresenta o fator custo como principal motivo da opção de implementar em organizações a manutenção corretiva não planejada. Pois seu valor de implementação é inferior as demais estratégias. Porém deve-se analisar se o custo de corrigir falhas é menor do que tomar ações preventivas, afim de evitar estas falhas.

2.1.2 Manutenção corretiva planejada

Kardec; e Nascif (2012), explicam a manutenção corretiva planejada, como um ato de correção gerado por ações preditivas, detectivas ou de inspeção. Logo, o conserto será executado em cima de uma situação diagnosticada com antecedência, por conseguinte sendo planejado.

Branco Filho (2008), utiliza outra nomenclatura para definir a estratégia apresentada, chamando-a de “manutenção corretiva programada”, e a conceitua, como sendo tarefas que serão realizadas posteriormente, mantendo o equipamento ou máquina em pane até a data do conserto. Porém, mesmo com esta discrepância na nomenclatura, o conceito apresentado pelos autores é semelhante.

2.1.3 Manutenção preventiva

É a realização da manutenção em datas predeterminadas, de forma planejada e controlada. Tem como objetivo evitar paradas inesperadas e manter a conservação e funcionamento de máquinas e equipamentos. Todos os procedimentos executados durante a manutenção corretiva devem ser documentados, juntamente com as especificações de vida útil das peças, oferecidas pelo fabricante. Outro aspecto que deve ser levada em conta é o local de trabalho em que o equipamento ou máquina se

encontra, pois pode influenciar na degradação e confiabilidade do equipamento. (ALMEIDA, 2018).

Somando ao que foi exposto, Xenos (2014), descreve a manutenção preventiva como, uma atividade essencial e prioritária em qualquer organização, onde deve ser realizada periodicamente. Sendo ela, tarefas sistemáticas, de inspeção, reformas substituição de peças. Realizando a comparação com a manutenção corretiva não planejada e planejada, no ponto de vista econômico, a manutenção preventiva tem um valor de custo maior, porém diminui a frequência de ocorrências de falhas.

Conceituando de maneira semelhante aos autores supracitados, Branco Filho (2008), afirma que toda a manutenção realizada em máquinas e equipamentos que estejam em condições de funcionamento, porém encontram-se com algum defeito, é definido como manutenção preventiva.

Kardec; e Nascif (2012), agregam ao que já foi descrito, afirmando que, a manutenção preventiva, é composta de procedimentos realizados com base em planos preliminarmente elaborados baseados em períodos definidos tais como: tempo, quilometragem, quantidade processada, entre outros.

2.1.4 Manutenção preditiva

De acordo com Xenos (2014), a manutenção preditiva é aquela que possibilita prever quando uma peça ou componente estará próximo do fim do seu ciclo de vida. Desta forma, é otimizada a substituição de peças e reparos em componentes, estendendo o intervalo de manutenção.

Seguindo este mesmo conceito, Almeida (2018), determina que por meio da manutenção preditiva, pode-se definir as reais condições de operação de uma máquina. Para isto é necessário a coleta de dados de ocorrências apresentadas pela máquina como, desgaste de alguma peça, regulagem necessária ou algum ruído diferente identificado pelo operador. Portanto, esta estratégia de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, utilizando instrumentos específicos, para verificarem temperaturas, vibrações, ruídos excessivos, entre outros apresentados pelo equipamento.

Por sua vez Kardec; e Nascif (2012), mencionam que além dos instrumentos citados anteriormente, também pode ser utilizado a percepção e experiência do operador para obter dados sobre a condição da máquina.

Estas previsões só são possíveis segundo Branco Filho (2008), porque na manutenção preditiva, os equipamentos e máquinas são acompanhados e monitorados. Obtendo assim, informações sobre suas condições, seus parâmetros operacionais e sua possível degradação.

2.1.5 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva tem a função de detectar falhas ocultas ou que não podem ser percebidas pela equipe de manutenção e operação. Esta função se torna cada vez mais importante, pois a utilização de computadores em diversos processos de uma organização se faz mais frequente, está instrumentação de comandos, controle e automação, gera uma necessidade da manutenção detectiva para garantir a confiabilidade dos sistemas e plantas (FONSECA *et al.*, 2016).

Esta estratégia de manutenção de acordo com Kardec; e Nascif (2012), se deve ao acompanhamento do estado das máquinas e sistemas, independentemente da forma que será executada a verificação.

2.1.6 Engenharia de manutenção

Diferente da manutenção corretiva planejada, corretiva não planejada e preventiva, a engenharia de manutenção não é uma ação de execução, e sim uma melhoria, que abrange desde a forma de efetuar o serviço por parte dos manutentores, até a qualificação dos mesmos, desta forma é possível desenvolver ações para melhorar a confiabilidade (KARDEC; NASCIF, 2012).

Seguindo o mesmo conceito, porém denominando-a de manutenção melhorativa, Lemos; Albernaz e; Carvalho (2011), descrevem a engenharia de manutenção, como aquela que realiza um estudo do projeto das máquinas, desta maneira focando na causa básica do problema, e não em apenas repará-lo ou eliminar a falha.

O Quadro 2 a seguir, apresentada uma síntese das principais características das estratégias adotadas pela manutenção, bem como, consequências.

Quadro 2 – Características das formas de atuação da manutenção

TIPOS DE MANUTENÇÃO	AÇÃO	ATUAÇÃO	FOCO	Consequências		
				Custos	Disponibilidade	Segurança
Corretiva não planejada	Reativa	Não Planejada	Correção Emergencial	Aumenta	Diminui	Diminui
Preventiva	Proativa	Planejada	Antecipação às Falhas	Mantém Igual	Mantém Igual	Aumenta
Preditiva/ Inspeção	Proativa	Planejada	Monitorar/ Diagnosticar	Reduz	Aumenta	Aumenta
Detectiva/ Inspeção		Planejada	Monitorar/ Diagnosticar			
Corretiva Planejada		Planejada	Correção Planejada			
Engenharia de Manutenção	Proativa	Planejada	Melhorias	Reduz	Aumenta	Aumenta

Fonte: Adaptado de Kardec; Nascif (2012).

Para melhor compreensão das estratégias adequadas de manutenção a serem adotadas nas empresas, faz-se necessário avaliar a criticidade dos equipamentos fabris, como apresentado no próximo item.

2.2 Criticidade de equipamentos

Equipamentos e instalações com falhas presentes, influenciam diretamente na confiabilidade e disponibilidade do processo produtivo. Portanto, os equipamentos mais críticos, serão aqueles que possuem maior impacto no processo, pois se fazem extremamente necessário a produtividade, segurança e meio ambiente de uma empresa (COSTA, 2013).

Existem ainda equipamentos que podem apresentar falhas e mesmo assim não afetar o processo produtivo, estes possuem uma criticidade baixa. Consequentemente, a atenção da manutenção sempre deve estar voltada para os equipamentos com maior criticidade. Logo, é de suma importância a aplicação de técnicas ou ferramentas para priorização de equipamentos, levando em conta a sua

relevância na produção, proporcionando métodos de manutenção eficaz (PIRES *et al.*, 2018).

2.2.1 Algoritmo de criticidade *software* SIGMA

Softwares voltados para a área da manutenção são conhecidos como *Computer Maintenance Management System* (CMMS) e *Enterprise Asset Management* (EAM). Esta tecnologia automatiza as atividades de manutenção, sendo assim, possível assimilar e controlar de forma mais efetiva os processos de manutenção, a equipe e as decisões (KARDEC; NASIF, 2012).

O *software* SIGMA é um CMMS, produzido pela Rede Industrial, empresa que atua desde 1987, em todo Brasil e exterior, se destacando nos segmentos de: Desenvolvimento de *Software* de Gestão de Manutenção, Treinamentos e Encontros Técnicos e Mídias Sociais (SIGMA, 2022).

O algoritmo de criticidade apresentado no *software* SIGMA é uma ferramenta, que busca estabelecer de forma lógica a criticidade do ativo, com base nos seguintes critérios:

- a) qualidade e produtividade;
- b) taxa de ocupação;
- c) oportunidade de operação;
- d) frequência de quebra;
- e) manutenibilidade.

Combinando as respostas dos critérios acima, será definido o valor da criticidade (0 a 10), indicando a estratégia de manutenção mais adequada para o ativo, como representado na Figura 3 (SIGMA, 2018).

Figura 3 – Algoritmo de criticidade *software* SIGMA

SIGMA 2012 - (formalgorit_criticidade) - Reg. INPI: RS 10297-6

Tag:

Criticidade de: Tag Máquina Equipamento

Mover a Seta

salvar Alterar Fechar

A parada repentina do equipamento provoca:

SA	Sergurança e Meio-ambiente	
Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio-ambiente e Danos Materiais	Exposição a Risco de Acidentes ao Meio-ambiente ou do Patrimônio	Nenhum Risco
QP	Qualidade e Produtividade	
Produtos com defeito, redução da Velocidade e Produção	Variação da Qualidade ou da Produtividade	Não afeta
TO	Taxa de Ocupação	
24 horas por dia	Dois turnos ou horário administrativo	Ocasionalmente ou não faz parte do Processo Produtivo
OP	Oportunidade de Produção	
Cessa todo o Processo	Cessa parte do Processo	Não afeta
FQ	Frequência de Quebra	
Intervalo menor que 6 meses	Em média uma vez por ano	Raramente ocorre
MT	Mantenabilidade	
O tempo e/ou custos dos reparos são elevados	O tempo e/ou custos dos reparos são suportáveis	O tempo e/ou custos dos reparos são irrelevantes

A B C

Preditiva Preventiva Corretiva

Valor Criticidade 1

reiniciar processo

Fonte: Sigma (2018).

A especificação ABC presente no Quadro 3, é um método de classificação de informações que separa os equipamentos de acordo com a importância e impacto na produtividade, definindo assim, quais equipamentos necessitam de mais atenção e o tratamento mais apropriado (PALOMINO *et al.*, 2018).

Quadro 3 – Classificação ABC

A	Equipamentos com prioridade alta: <ul style="list-style-type: none"> Equipamentos de alto valor e peças de reposição caras. Equipamentos essenciais a produtividade, parando a produção caso não estejam em pleno funcionamento.
B	Equipamentos com prioridade média: <ul style="list-style-type: none"> Equipamentos com peças de valor intermediário e fácil reposição. Equipamentos que prejudicam a produtividade, mas não ocasionando parada da produção caso não estejam em pleno funcionamento.
C	Equipamentos com prioridade baixa: <ul style="list-style-type: none"> Equipamentos sem impacto significativo a produtividade, não ocasionando dano nenhum a produção caso não estejam em pleno funcionamento.

Fonte: Autor (2022).

Para complementar a estratégia abordada para os equipamentos mais críticos, deve-se realizar uma investigação mais profunda, verificando quais componentes apresentam o problema mais grave e recorrente. Esta verificação é apresentada no próximo item.

2.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

Souza e Lima (2003), conceituam a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), como, um processo que determina quais medidas devem ser tomadas para garantir que os ativos tangíveis, continuem a funcionar da maneira esperada pelos seus usuários em âmbito operacional.

Por sua vez, Souza (2012), menciona que o MCC, propõe alterações nos objetivos da manutenção, como, requisitar profissionais especializados e com visão global do processo produtivo. Possuindo como objetivos principais, os seguintes:

- a) preservar as funções dos equipamentos, com a segurança requerida;
- b) restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração;
- c) otimizar a disponibilidade;
- d) minimizar o custo do ciclo de vida (LCC – *Life Cycle Cost*);
- e) atuar conforme os modos de falha;
- f) realizar apenas as atividades que precisam ser feitas;
- g) agir em função dos efeitos e consequências de falha;
- h) documentar as razões para escolha das atividades.

De maneira semelhante, Almeida (2014), cita que a Manutenção Centrada em Confiabilidade surgiu após a Segunda Guerra Mundial, tendo as pesquisas bélicas americanas, seu maior propulsor para o seu surgimento. É um método de planejamento da manutenção, que busca organizar e sistematizar as definições das tarefas de manutenção. O seu foco, é realizar somente o necessário para manter um ativo em operação, assegurando o bom funcionamento do mesmo. A metodologia de implantação pode ser estruturada como mencionada no Quadro 4.

Quadro 4 – Metodologia de implantação do MCC

ETAPA	DESCRIÇÃO
Seleção do sistema e coleta de informações	Esta etapa tem como objetivo identificar e documentar o sistema ou processo que será submetido a análise.
Análise de modos de falha e efeitos	Nesta etapa são identificadas e documentadas todas as funções, seus modos de falha e efeitos adversos causados por elas, utilizando – se a metodologia FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).
Seleção de funções significantes	Etapas que usa um processo estruturado para utilizar cada função identificada na etapa anterior e determinar se uma falha tem efeito significativo, levando em conta os aspectos fundamentais (pilares) da MCC: segurança, meio ambiente, operação e economia do processo.
Seleção das atividades aplicáveis	Esta etapa determina as tarefas de manutenção preventiva que sejam tecnicamente aplicáveis para prevenir, corrigir ou amenizar cada modo de falha.
Avaliação da efetividade das atividades	Constitui – se em um processo estruturado para determinar se uma tarefa de manutenção preventiva é efetiva para reduzir as consequências previstas para uma falha.
Seleção das tarefas aplicáveis e efetivas	Nessa etapa, utiliza – se um processo estruturado para determinar a melhor tarefa baseada em resultados do processo, impactos operacionais, segurança e impactos ambientais.
Definição da periodicidade das atividades	Nessa etapa, estabelecem – se os métodos e critérios para definição da periodicidade ou frequência de execução das atividades selecionadas, assim como o planejamento e a estruturação do processo de implantação da metodologia MCC na empresa, utilizando – se quatro subprocessos: Análise de Confiabilidade, Análise de Mantenabilidade, Análise de Produtividade e Otimização.

Fonte: Adaptado de Almeida (2014).

Flogliato; e Ribeiro (2009), apontam a FMEA como uma importante técnica na aplicação do MCC, sendo uma planilha de apoio para sua implantação. Porém, na Manutenção Centrada em Confiabilidade, há uma ampliação da planilha, onde destaca-se a adição das preocupações do estudo dos modos de falha como detalhes das atividades de manutenção, duas avaliações de risco, sendo a primeira a manutenção geral empregada e a segunda após a definição de manutenção apropriada.

2.3.1 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

A FMEA é um método elaborado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no ano de 1963, onde sua função era identificar falhas que poderiam

ocorrer em sistemas, processos ou serviços, desta forma, sendo possível identificar os efeitos e causas, podendo assim determinar ações para eliminar ou reduzir os riscos associados a estas falhas (SANTOS *et al.*, 2017).

Da mesma maneira, Fogliatto; Ribeiro (2009), definem a FMEA como, uma técnica de confiabilidade que tem o propósito de identificar possíveis falhas que podem aparecer em um produto ou processo, definir medidas que possam eliminar ou diminuir a chance de que ocorra estas falhas, além de registrar o estudo em forma de documento, gerando um referencial técnico que possa auxiliar futuramente em revisões e, classifica dois tipos de FMEA, o de processo e o de produto. Portanto, os dados obtidos são registrados na planilha FMEA, que é apresentada no Apêndice A.

Complementando, Lafraia (2001), determina que as falhas devem ser priorizadas de acordo com seu índice de risco, que é calculado por meio do conceito *Risk Priority Number* (RPN), afim de determinar contramedidas. O RPN é definido conforme a equação:

$$\text{RPN} = \text{OCORRÊNCIA} \times \text{SEVERIDADE} \times \text{DETECÇÃO}$$

Fogliatto; e Ribeiro (2009) classificam a ocorrência, como, a probabilidade de que um motivo ou causa anterior de uma falha, volte a ocorrer. Os dados referentes as taxas de falhas devem ser registradas, desta forma, gerando um banco de dados históricos dos motivos e causas que ocasionaram a falha. Caso não havendo a existência destes dados, deve-se realizar uma análise em conjunto, classificando a probabilidade de ocorrência em remota, baixa, moderada, alta e muito alta. Esta avaliação deve ser feita em uma escala de 1 a 10, como apresentado pelo Quadro 5.

Quadro 5 – Escala de probabilidade de ocorrência

PROBABILIDADE DE FALHA	ESCALA	TAXA DE FALHAS
Remota: A falha é improvável	1	1 em 1.000.000
Baixa: Relativamente poucas falhas	2	1 em 20.000
	3	1 em 4.000
	4	1 em 1.000
Moderada: Falhas ocasionais	5	1 em 400
	6	1 em 80
	7	1 em 40
Alta: Falhas repetitivas	8	1 em 20
	9	1 em 8
Muito Alta: Falhas quase que inevitáveis	10	1 em 2

Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

A severidade se dá, pelo impacto causado pela falha sobre a operação do sistema e por consequência gera insatisfação no cliente. É medida em uma escala de 1 a 10, onde 1 é menor valor de severidade, ou seja, severidade marginal, e 10 é o maior valor, sendo a severidade muito alta, como apresentado pelo Quadro 6 (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Quadro 6 – Escala de severidade

SEVERIDADE DAS CONSEQUÊNCIAS	ESCALA
Marginal: A falha não teria efeito real no sistema. O cliente provavelmente nem notaria a falha.	1
Baixa: A falha causa apenas pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará provavelmente leves variações no desempenho do sistema	2
	3
Moderada: A falha ocasionada razoável insatisfação no cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema	4
	5
	6
Alta: Alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperável. A falha não envolve riscos à segurança operacional ou o descumprimento de requisitos legais.	7
	8
Muito Alta: A falha envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento de requisitos legais	9
	10

Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

A detecção é definida como a probabilidade de identificar a causa e o modo de falha a partir dos controles atuais da operação. São definidos valores de 1 a 10 para classificar o nível de detecção, sendo de 1 a 2 a detecção muito alta, 3 a 4 alta, 5 e 6 moderada, 7 e 8 baixas, 9 muito baixa e 10 absolutamente indetectável, como apresentado no Quadro 7 (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Quadro 7 – Escala de detecção

PROBABILIDADE DE DETECÇÃO	ESCALA
Muito Alta: A falha será certamente detectada durante o processo de projeto/fabricação/montagem/operação	1
	2
Alta: Boa chance de determinar a falha	3
	4
Moderada: 50% de chance de determinar a falha	5
	6
Baixa: Não é provável que a falta seja detectável	7
	8

PROBABILIDADE DE DETECÇÃO	ESCALA
Muito Baixa: A falha é muito improvavelmente detectável	9
Absolutamente Indetectável: A falha não será detectável com certeza	10

Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

2.3.1.1 FMEA de processo

A FMEA de processo, tem como função verificar todo o processo, seja este novo ou implantado, tendo como objetivo principal, diminuir custos com ações corretivas e aumentar a confiabilidade. É muito utilizada em análises de processos transacionais, servindo de amparo para o profissional encontrar falhas e também identificar as causas destas ocorrências (SANTOS *et al.*, 2017).

Por outro lado, Fogliatto; e Ribeiro (2009), estabelecem a FMEA de processo, como uma técnica analítica, que serve como um meio de assegurar que prováveis modos de falha no processo e seus respectivos efeitos e causas sejam considerados e discutidos pela equipe de desenvolvimento. É empregada tanto na análise de processos industriais como em processos administrativos, também auxilia na redução dos riscos de falhas, já que ajuda na avaliação das requisições do processo, aumentando as chances de que todos os modos de falha e suas causas e efeitos sejam analisados.

2.3.1.2 FMEA de produto

A FMEA de produto, tem o foco voltado para a mercadoria em questão, verificando eventuais falhas que poderão ocorrer dentro dos critérios do projeto. Contribui na verificação, prevenção e diminuição de erros nos processos produtivos de uma organização. Tem como atuação, realizar uma análise preliminar do projeto, identificando os riscos de falhas do produto, além de imprecisão no projeto, nas especificações, componentes e nos subsistemas (SANTOS *et al.*, 2017).

Fogliatto; e Ribeiro (2009), estabelecem a FMEA de produto, como uma técnica analítica, que examina detalhadamente o produto, seus subsistemas e componentes. Desta forma, ajuda a diminuir os riscos de falha, já que verifica os requerimentos de projetos, aumentando assim a probabilidade de assegurar que todos prováveis modos de falha e seus respectivos efeitos e causas sejam analisados.

Este capítulo procurou abordar todas as estratégias de manutenção, assim como, o estudo da criticidade dos equipamentos com o uso de algoritmos para fins de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade, que será melhor desenvolvida nos capítulos posteriores.

3 METODOLOGIA

No presente capítulo é apresentado a metodologia que será utilizada para o desenvolvimento do estudo, a fim de alcançar os objetivos pré-estabelecidos, descrevendo e conceituando os métodos utilizados, exaltando seus pontos positivos e limitações.

3.1 Método de pesquisa

O presente trabalho fez uso do método qualitativo, na busca de identificar e investigar informações relevantes, compreendendo-as para auxiliar na tomada de decisão, quanto as estratégias adotadas para gerenciamento da manutenção em uma empresa prestadora de serviços no ramo da construção civil.

A pesquisa qualitativa, busca detectar a natureza de suas informações. Desta forma, a compreensão das informações obtidas, é feita de forma global e inter-relacionada com fatores diversificados, dando prioridade ao contexto. Também pode dispor de um conteúdo altamente descritivo, além de poder utilizar dados quantitativos em suas análises, porém o que vai sempre predominar é o exame severo da natureza, do alcance e das interpretações possíveis para a questão estudada, sendo assim compreendendo de acordo com as possibilidades determinadas pelo pesquisador (MEZZAROBA; MONTEIRO, 2019).

De acordo Marconi; e Lakatos (2018), o trabalho qualitativo desenvolve-se de maneira natural, gerando dados descritivos, com foco na realidade de forma complexa e contextualizada. Não sendo possível elaborar regras com precisão sobre as técnicas de pesquisa qualitativa, pois cada entrevista ou observação é única. Desta forma, depende do tema, do pesquisador e de suas pesquisas.

3.2 Seleção da abordagem de pesquisa

Na busca de realizar uma investigação aprofundada na empresa JLdefreitas Construções, o presente trabalho fez uso do estudo de caso, afim de detalhar e compreender as informações obtidas.

Segundo Marconi; e Lakatos (2018), o estudo de caso realiza uma investigação mais profunda de um caso específico ou de um grupo de pessoas sobre todos os seus aspectos. Porém, possui uma limitação, pois fica restrito ao caso e estudado, não podendo ser generalizado. Também não se estabelece um esquema de problemas, hipóteses e variáveis de maneira prévia. Nele é reunido informações detalhadas em grande proporção, utilizando diversas técnicas de pesquisa. Tem por objetivo entender uma certa situação e descrever a complexidade de um fato. As características fundamentais são as seguintes:

- a) visar à descoberta;
- b) enfatizar a interpretação do contexto;
- c) retratar a realidade de forma ampla;
- d) valer-se de fontes diversas de informações;
- e) permitir substituições;
- f) representar diferentes pontos de vista em dada situação;
- g) usar linguagem simples.

3.3 Coleta e análise dos dados

A coleta e análise de dados do presente trabalho, deu-se por meio das técnicas de observação participante e entrevista, tendo em vista que o pesquisador participa diretamente dos processos realizados na empresa JLdefreitas Construções. A observação participante, emprega o uso dos sentidos com a intenção de obter aspectos específicos da realidade. Sendo uma das técnicas mais aplicadas por pesquisadores qualitativos, não necessita de questionários ou formulários, a responsabilidade de êxito é inteiramente do investigador, como ter habilidade para interagir e fazer o grupo compreender a necessidade da investigação. Este investigador tem papel ativo, participando do processo onde está localizado seu objetivo, integrando-se a equipe, não apenas para ver e ouvir, mas também em analisar os fatos e fenômenos, além de poder participar deste processo (MARCONI; LAKATOS, 2018).

Segundo Marconi; e Lakatos (2018), por meio de entrevistas é possível assimilar as perspectivas e experiências dos entrevistados, inteirando-se do significado que o

entrevistador dá as ocorrências e eventos do seu dia a dia, empregando suas próprias definições. Sendo a entrevista uma troca de comunicação, obtém-se uma inter-relação eficaz, obtendo assim um testemunho de qualidade, porém fica de responsabilidade do pesquisador utilizar de maneira adequada a série de procedimentos presente na técnica. As entrevistas qualitativas são abertas e flexíveis, tendo por base um guia geral com o tema não específico, portanto os questionamentos podem ser:

- a) gerais: partem de planejamentos globais para chegar ao tema proposto;
- b) exemplificativas: servem para aprofundar mais o tema, solicitando ao entrevistado que dê exemplos de um evento;
- c) estruturais: solicitam do entrevistado uma lista de itens;
- d) contrastivas: questionam semelhanças e diferenças sobre tópico e fazem sua classificação em categorias.

3.4 Limitações dos métodos

O observador participante, pode ter sua compreensão dos dados alterados, pois pode ser influenciado por atitudes e comportamentos do grupo que está inserido. Também pode apresentar dificuldades para manter a objetividade, já que gera certa influência sobre o grupo (MARCONI; LAKATOS, 2018).

A entrevista possui como limitações a falsa interpretação, já que pode ocorrer dificuldade de expressão, comunicação ou incorporação clara dos significados, a influência gerada pelo entrevistado sobre o entrevistador, além de retenção de dados importantes por parte do entrevistado (MARCONI; LAKATOS, 2018).

3.5 Procedimentos metodológicos

As etapas do presente trabalho foram desenvolvidas com base na metodologia PDCA. Desta maneira foi gerado o Quadro 8, com o passo a passo do planejamento, execução, checagem e ações corretivas, afim de organizar de maneira clara e objetiva o desenvolvimento do estudo.

A metodologia PDCA foi desenvolvida por W. Edwards Deming, engenheiro americano, tem como principal objetivo examinar a conformidade entre os processos

de planejamento, execução, monitoramento e controle. Deste modo, orientando os processos pertencentes a esses grupos de forma efetiva (CALÔBA; KLAES, 2016).

Quadro 8 – Etapas de desenvolvimento

Etapas	Ações
P - Planejamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foi realizado o contato com o proprietário da empresa, para apresentação da proposta do estudo e obter autorização para realizá-lo. 2. Foi realizado uma entrevista com o proprietário, afim de obter informações sobre seus métodos de manutenção utilizado em seus equipamentos. 3. Com base nas informações obtidas com o proprietário, foram definidos três métodos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva. 4. Foi realizado um estudo para definir a ferramenta mais adequada para a definição do método de manutenção para o(s) equipamento(s) da empresa. 5. Foi definida a ferramenta algoritmo de criticidade do <i>software</i> SIGMA, com o intuito de definir: <ol style="list-style-type: none"> a) A quantidade de equipamentos piloto; b) Qual(is) equipamento(s) piloto; c) Qual o melhor método de manutenção para este(s) equipamento(s). 6. Como forma de análise para definir qual peça do equipamento deve receber o método selecionado, foi abordada a metodologia MCC. Dentro desta metodologia, foi definida a técnica FMEA.
D - Execução	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foram realizadas as observações participantes e as entrevistas com o proprietário. 2. Foi realizado um acompanhamento dos equipamentos em operação. 3. Foi feito um desmembramento dos equipamentos, destacando suas funções. 4. Com as informações obtidas, foi preenchido o algoritmo de criticidade SIGMA. Para definição de: <ol style="list-style-type: none"> a) A quantidade de equipamentos piloto; b) Qual(is) equipamento(s) piloto; c) Qual o melhor método de manutenção para este(s) equipamento(s). 5. Com base nas informações geradas pela observação participante, entrevistas e algoritmo de criticidade SIGMA, foi preenchida a planilha FMEA. 6. Por meio do RPN, foi detectado a peça que deve receber a manutenção definida para o equipamento.
C – Checagem	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foram analisados todos os dados obtidos por meio da observação participante e entrevistas, verificando se ocorreram erros na alimentação do algoritmo de criticidade SIGMA e na planilha FMEA.
A – Ações Corretivas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foi proposto ao proprietário, um plano de manutenção para seus equipamentos, visando evitar quebras e aumentando a confiabilidade.

Fonte: Autor (2022).

4 RESULTADOS E ANÁLISES DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os passos que foram executados durante a aplicação do estudo, demonstrando o desenvolvimento prático do que foi proposto e os resultados obtidos.

4.1 Identificação e seleção dos equipamentos essenciais

Afim de identificar os equipamentos mais essenciais para a empresa, foram realizadas entrevistas com o proprietário e seus funcionários, além da realização da observação participante, acompanhando a operação. Desta forma, foram selecionados 17 equipamentos, descrito no Quadro 9:

Quadro 9 – Equipamentos selecionados

Equipamento	Ilustração	Função
Betoneira		Utilizado para mistura de materiais, na qual se adicionam cargas de pedra, areia, cimento e água, na proporção e textura devida, de acordo com o tipo de obra. Essencial na produção de reboco, concreto, chapisco, entre outros.
Calandra de Chapas		Utilizada na realização de curvatura em chapas de aço e metal de alta rigidez. Essencial na produção de calhas residenciais
Compressor de ar		Utilizado para fornecer suprimento para unidades, com a pressão adequada e vazão. Essencial para o funcionamento do pinador pneumático, pintura de estrutura metálicas, entre outros.
Dobradeira de Chapas		Utilizada na realização de dobras de dimensões precisas e ângulos bem marcados, em chapas de aço e metal de alta rigidez. Essencial na produção de calhas residenciais.
Esmerilhadeira		Utilizada na realização de cortes e desbastamento de objetos metálicos. Essencial na produção de ferragem, malhas e estruturas metálicas.
Furadeira		Utilizada na realização de furos em matérias como, concreto, madeira e metal. Essencial na instalação de buchas, parafusos entre outros.

Equipamento	Ilustração	Função
Furadeira de bancada		Utilizada na realização de furos com precisão, possibilitando furos em ângulos perfeitos de 90°, além de limitar a profundidade do furo. Essencial na produção de estruturas metálicas.
Máquina de solda		Utilizada na realização de soldagem de matérias metálicas. Essencial para produção de estruturas metálicas, como tesouras e treliças.
Martelete		Utilizado na realização de quebras, cinzelamento e demolição. Essencial na quebra de paredes de tijolos, superfícies de cerâmica, colunas de concreto, contrapiso, reboco e pedras.
Moto Esmeril		Utilizado para cortes, afiar, desbastar, remover ferrugem, polir, limpar e aparar diversas matérias. Essencial na produção de estruturas metálicas.
Nível a laser		Utilizado no nivelamento e esquadro de uma superfície. Essencial na produção e instalação de paredes, rebocos, pisos, estruturas, instalação de aberturas, entre outros.
Parafusadeira		Utilizada para parafusar e desaparafusar. Essencial para produção de estruturas metálicas e de madeira.
Pinador Pneumático		Utilizado para fixar pinos e grampos de diversos tamanhos. Essencial na produção de estruturas de madeiras, instalação de forros e rodapés, entre outros.
Serra Circular		Utilizada na realização de cortes em madeiras e PVC. Essencial na produção de formas para concretagem, escoras e estruturas de madeira.
Serra Circular de Bancada		Utilizada na realização de cortes em madeiras e PVC em diversos moldes e ângulos. Essencial na realização de estruturas de madeira.
Serra Mármore		Utilizada na realização de cortes em matérias rígidos como, tijolos, azulejos, pisos cerâmicos, pisos porcelanatos, mármore, reboco entre outros. Essencial na instalação de pisos e estruturas em mármore.
Serra Meia Esquadria		Utilizada na realização de cortes angulares: transversais, esquadria, chanfro e cortes compostos. Essencial na produção de estruturas de madeira, instalação de rodapés de PVC ou madeira, entre outros.

Fonte: Autor (2022).

4.2 Classificação dos equipamentos com base na especificação ABC

A partir das observações e entrevistas realizadas com o gestor da empresa, os equipamentos selecionados, foram classificados e separados de acordo com a relevância e impacto na produção. Desta forma, foi utilizado a especificação ABC para este processo. Sendo A os equipamentos que afetam a produção de maneira abrupta, parando a operação, B os equipamentos que afetam a produção, porém não resultam na parada da mesma e C os equipamentos que não afetam a produção caso parem. Logo, tais informações são apresentadas na figura 4.

Figura 4 – Classificação ABC dos equipamentos selecionados

A	B	C
Betoneira 	Nível a Laser 	Compressor de Ar 
Calandra de Chapas 	Parafusadeira 	Moto Esmeril 
Dobradeira de Chapas 	Pinador Pneumático 	
Esmerilhadeira 		
Furadeira 		
Furadeira de Bancada 		
Maquina de Solda 		
Martelete 		
Serra Circular 		
Serra circular de bancada 		
Serra Mármore 		
Serra Meia Esquadria 		

Fonte: Autor (2022).

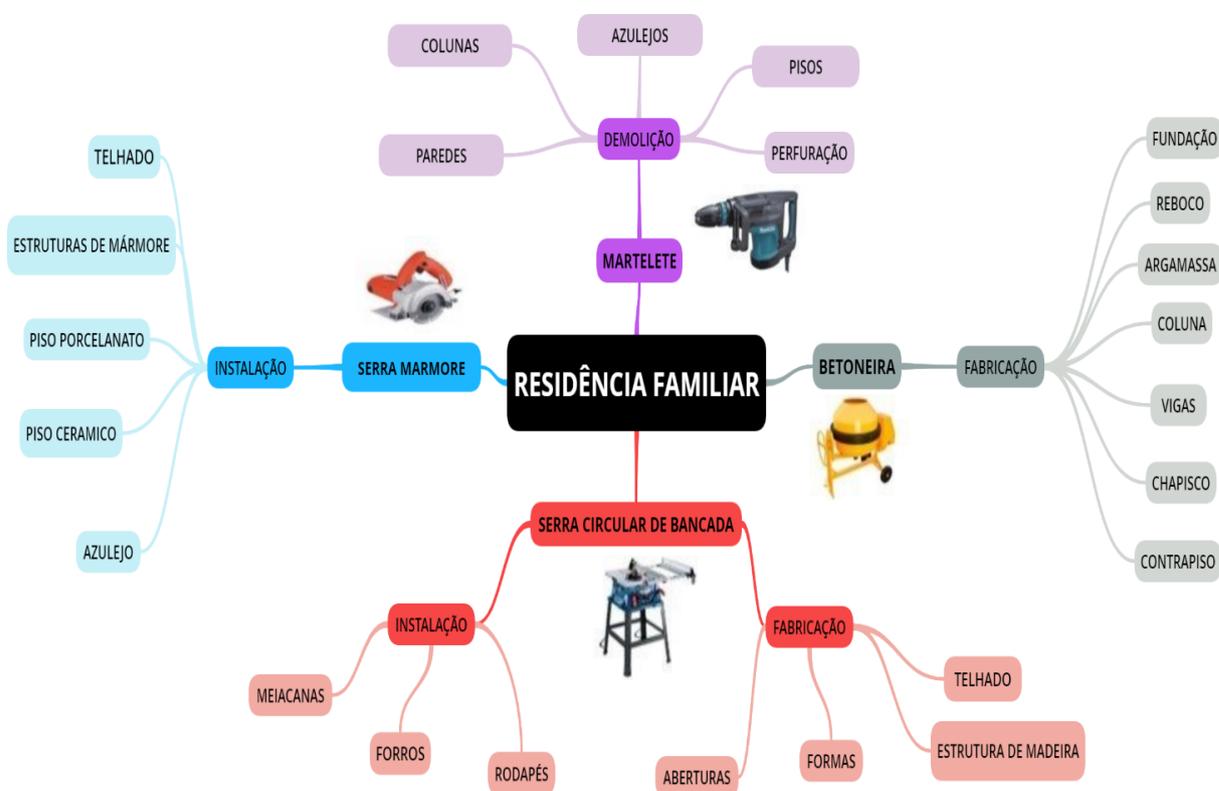
4.3 Classificação e definição dos equipamentos piloto

Com as entrevistas com o proprietário e funcionários, somadas as observações participantes do pesquisador, foi possível delimitar e selecionar os equipamentos que são essenciais para o processo produtivo da empresa, desse modo, foram definidos como equipamentos piloto, sendo eles:

- a) betoneira;
- b) martelete;
- c) serra Circular de Bancada;
- d) serra Mármore.

Foi levado em consideração para a definição destes equipamentos, as etapas de construção ou reforma de uma residência, desde a fundação, alvenaria, instalação de pisos, fabricação de lajes, instalação e fabricação das aberturas, entre outros, como apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Área de execução dos equipamentos na construção residência familiar



Fonte: Autor (2022).

4.4 Aplicação do algoritmo de criticidade

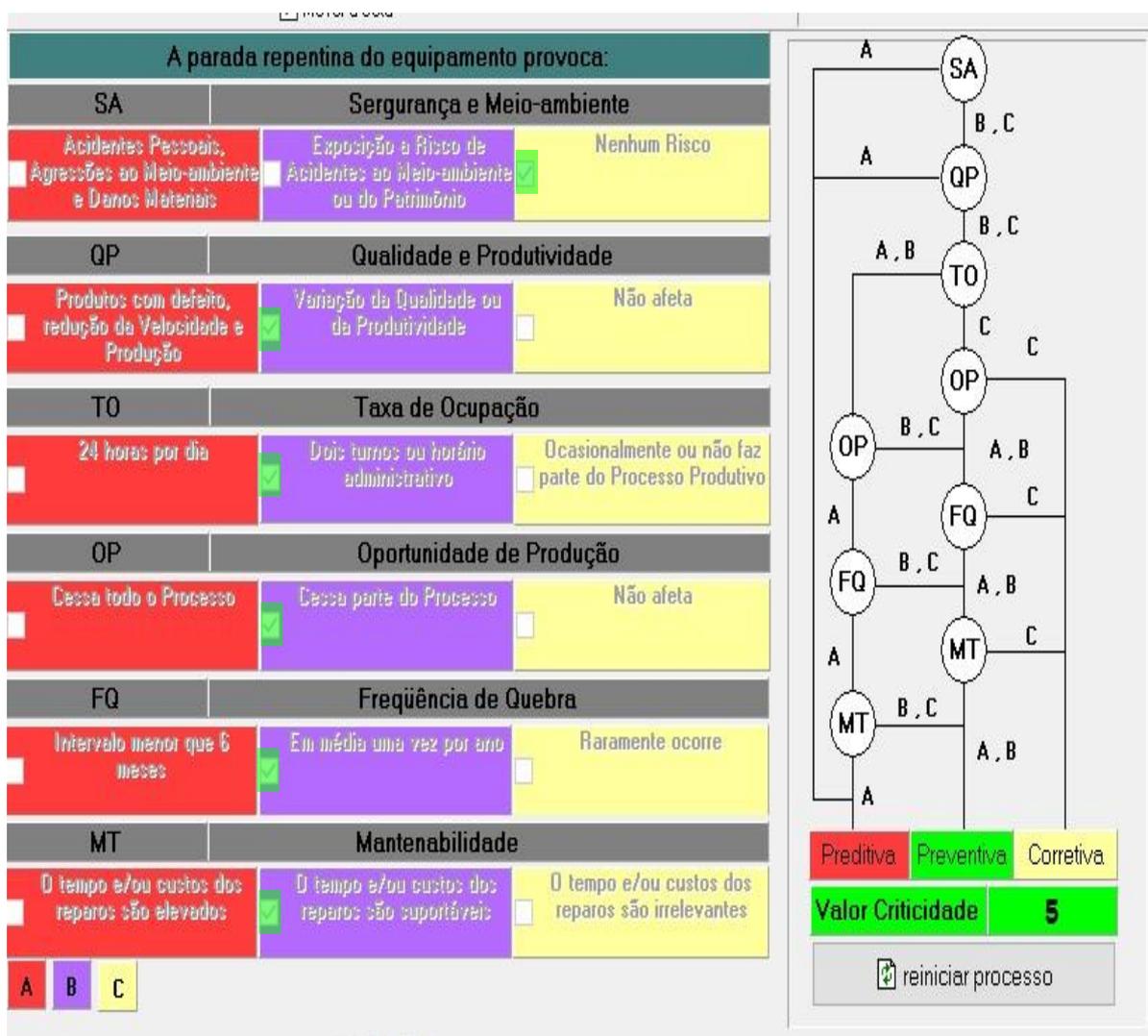
Após a definição dos equipamentos piloto, é possível especificar e centralizar onde será aplicado o algoritmo de criticidade, afim de definir qual o melhor método de manutenção para estes equipamentos. Nesta fase, há a inserção dos dados a respeito dos equipamentos no algoritmo, tendo como resultado gerado, a definição do método de manutenção preventiva como a melhor maneira de manter os equipamentos, conforme análise dos dados apresentados na sequência.

Foram considerados diversos fatores para determinar a relevância dos equipamentos de acordo com os critérios do algoritmo de criticidade. Estes foram definidos juntamente com o proprietário e seus funcionários, logo, o algoritmo recebeu dados confiáveis e precisos, de quem está no dia a dia na operação destes equipamentos. Os critérios apresentados pelo algoritmo de criticidade, são:

- a) segurança e Meio-ambiente;
- b) qualidade e Produtividade;
- c) taxa de ocupação;
- d) oportunidade de Produção;
- e) frequência de quebra;
- f) maneabilidade.

A partir das informações apresentadas, a primeira análise foi com relação ao equipamento piloto betoneira. Verificou-se que, conforme dados apresentados na Figura 6, em relação a parada repentina, foi definido que ela não apresenta nenhum risco para a segurança e meio-ambiente. Porém, identifica-se uma variação na qualidade e produtividade, a taxa de ocupação é de dois turnos ou horário administrativo e parte do processo será cessado. Por sua vez, levando em consideração a frequência da quebra, estima-se aproximadamente que ocorra em média uma vez por ano e a mantenebilidade do equipamento, acaba tendo um custo de reparo suportável. Portanto, o *software* indica como o melhor método de manter a betoneira, a manutenção preventiva.

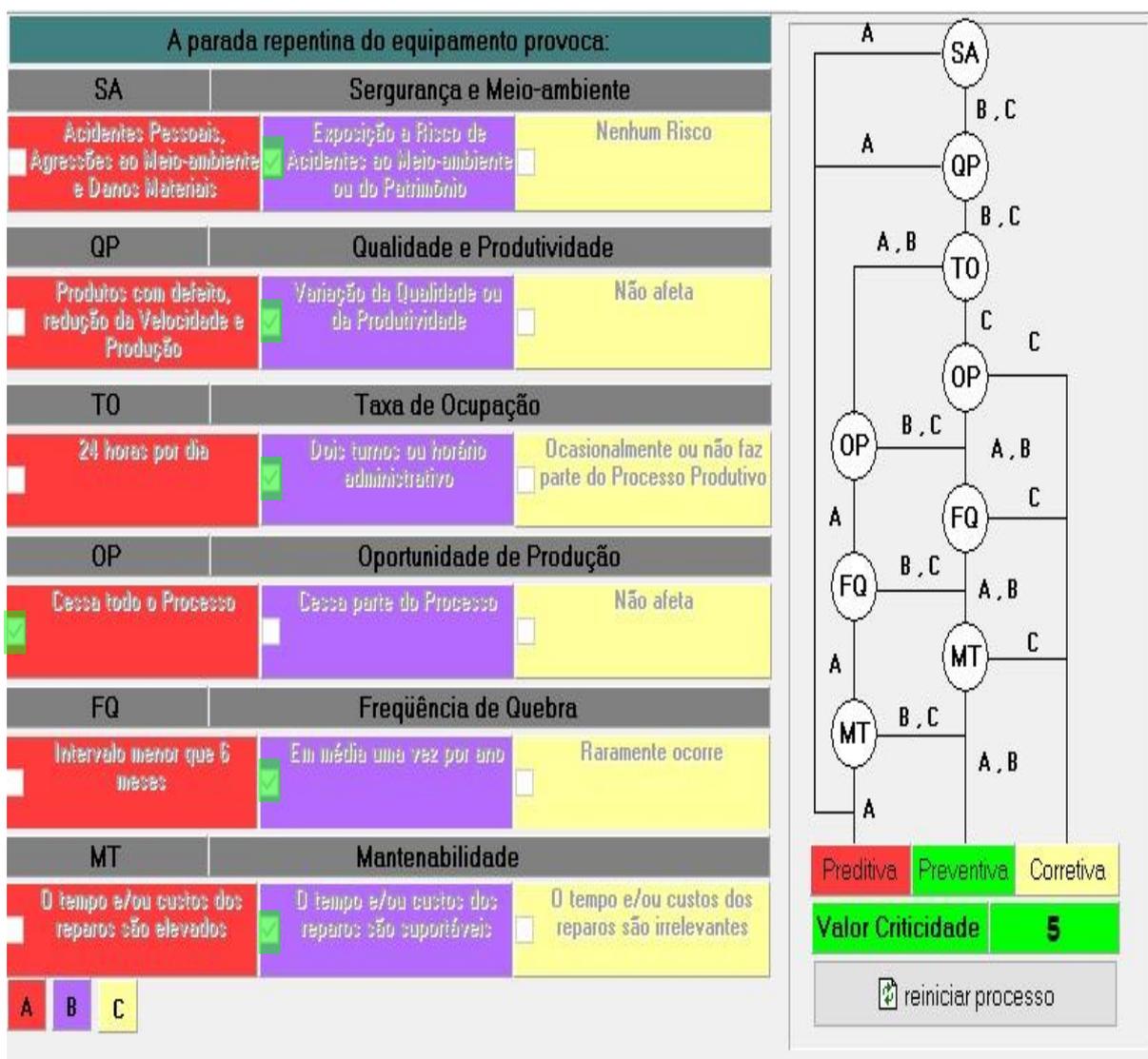
Figura 6 – Algoritmo de criticidade betoneira



Fonte: Autor (2022).

No que se refere ao marteleto, a parada repentina expõe risco de acidentes ao meio-ambiente ou ao patrimônio, logo, identifica-se uma variação na qualidade e produtividade, a taxa de ocupação é de dois turnos ou horário administrativo e o processo será cessado. Em relação a frequência da quebra, estima-se aproximadamente em média uma vez por ano e a manutenibilidade do equipamento, acaba tendo um custo de reparo suportável. Portanto, o *software* aponta como o melhor método de manter o marteleto, a manutenção preventiva, conforme mostra a Figura 7.

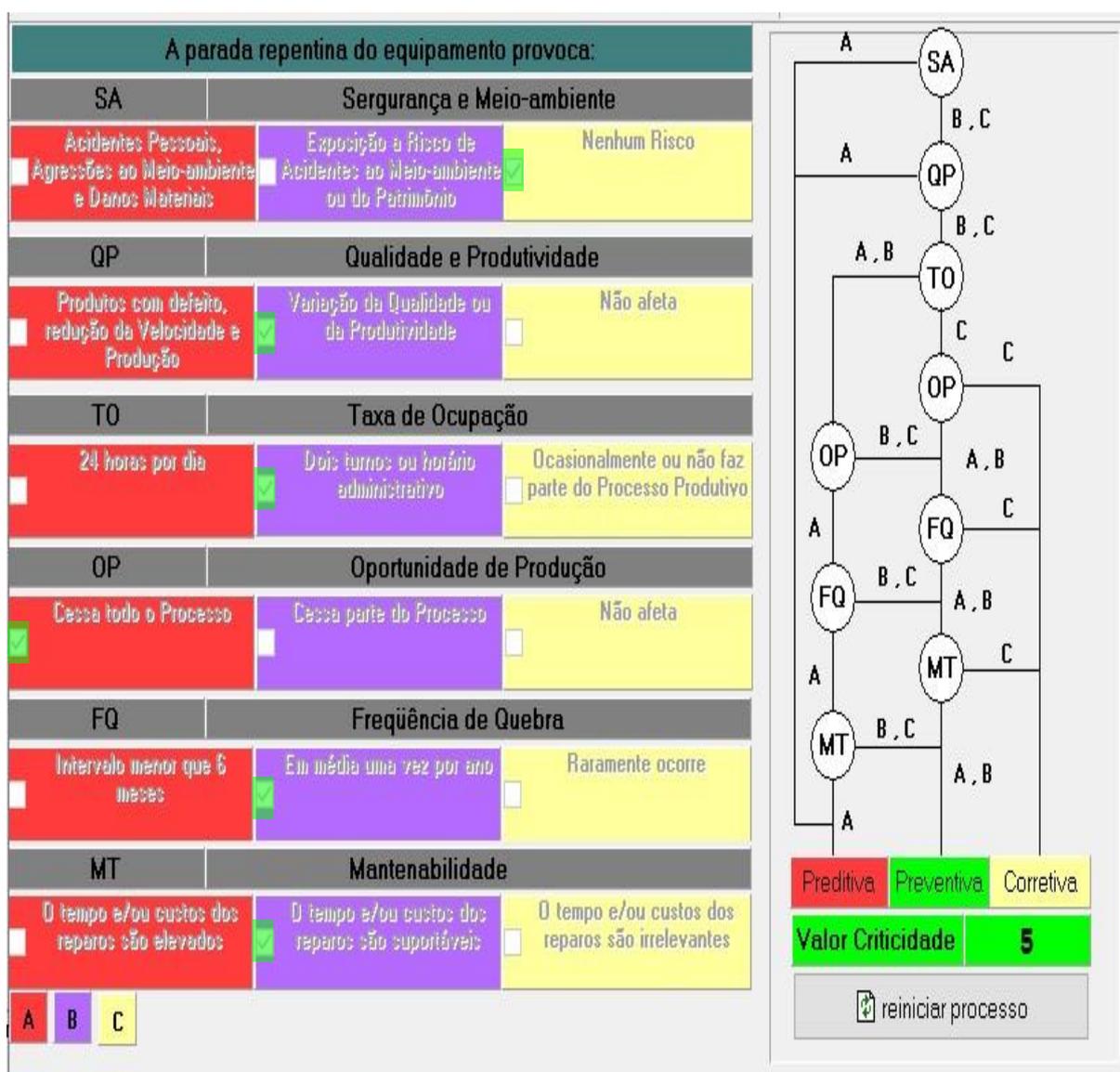
Figura 7 – Algoritmo de criticidade martetele



Fonte: Autor (2022).

No que tange a serra circular de bancada, a parada repentina não expõe risco de acidentes ao meio-ambiente ou ao patrimônio, toda via, identifica-se uma variação na qualidade e produtividade, a taxa de ocupação é de dois turnos ou horário administrativo e o processo será cessado. Em relação a frequência da quebra, estima-se aproximadamente em média uma vez por ano e a manutenibilidade do equipamento, acaba tendo um custo de reparo suportável. Portanto, o *software* designa como o melhor método de manter a serra circular de bancada, a manutenção preventiva. Tais informações são apresentadas na Figura 8.

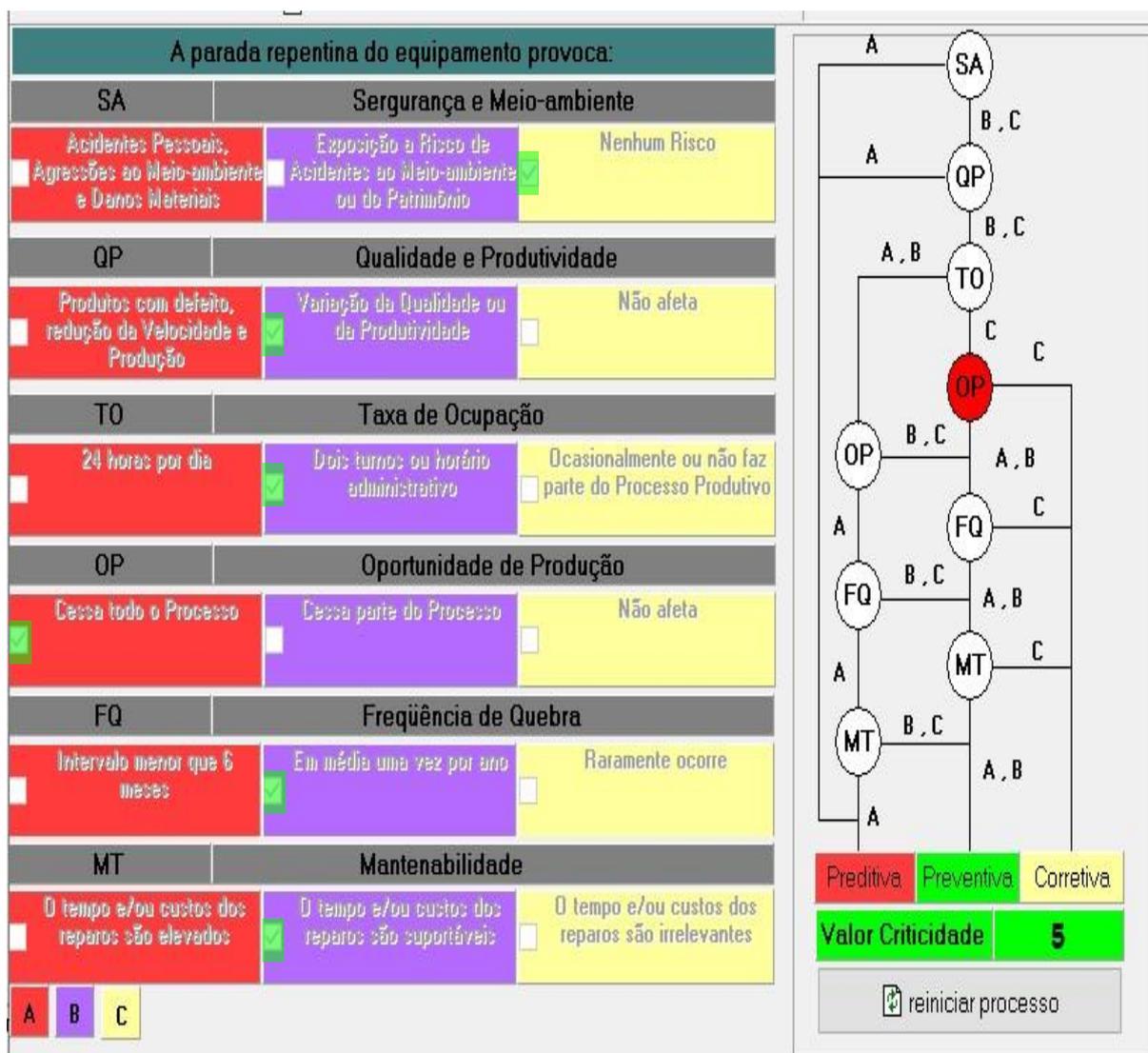
Figura 8 – Algoritmo de criticidade serra circular de bancada



Fonte: Autor (2022).

Por fim, conforme mostrado na Figura 9, a parada repentina da serra mármore, não apresenta risco de incidentes ao meio-ambiente ou ao patrimônio, porém é notável uma variação na qualidade e produtividade, tendo uma taxa de ocupação de dois turnos ou horário administrativo e o processo será encerrado. No que se refere a frequência da quebra, a probabilidade de ocorra é em média uma vez por ano e a manutenibilidade do equipamento, acaba tendo um custo de reparo suportável para a empresa. Portanto, o *software* assinala como o melhor método de manter a serra circular de bancada, a manutenção preventiva.

Figura 9 – Algoritmo de criticidade serra mármore



Fonte: Autor (2022).

Vale ressaltar, que é possível observar na análise feita pelo *software* e na descrição do preenchimento, ocorre resultados semelhantes entre os equipamentos. Tal fato, acontece porque o princípio de funcionamento dos equipamentos é semelhante, assim como a sua operação.

4.5 Construção da planilha FMEA

A utilização da planilha FMEA, tem o intuito de identificar os itens dos equipamentos piloto que necessitam de maior atenção para manter, além de gerar

registros e documentos dos dados obtidos, deste modo, gera um referencial teórico para futuras ações. Portanto, foram geradas quatro planilhas FMEA, uma para cada equipamento piloto, como pode ser verificada nos Apêndices B, C, D e E.

O preenchimento da planilha foi realizado de forma conjunta com o proprietário e operadores, da seguinte forma:

- 1) itens do equipamento;
- 2) componentes destes itens;
- 3) função;
- 4) padrão de desempenho;
- 5) modo de falha;
- 6) efeito da falha;
- 7) tempo médio de parada;
- 8) danos pessoais/ matérias/ ambientais;
- 9) causa da falha;
- 10) o que pode ser feito para evitar a falha;
- 11) classificação da consequência da falha;
- 12) ocorrência;
- 13) severidade;
- 14) detecção;
- 15) RPN.

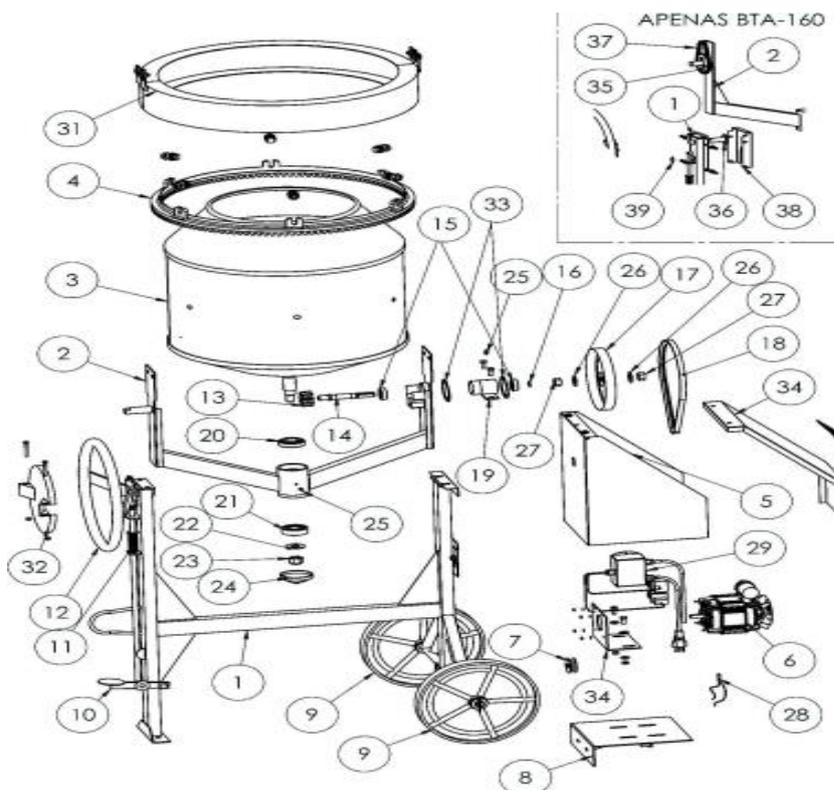
Neste primeiro momento, descrevendo de forma bem ampla, é identificado o porquê da falha, como ocorre esta falha e como poderia ser evitada esta falha e, conforme análises, calcular o valor de RPN. Por sua vez, nos passos seguintes, foram propostas melhorias para evitar a falha, afim de melhorar os índices de ocorrência, severidade e detecção, portanto, diminuir o valor de RPN, conforme segue:

- 16) tarefa indicada;
- 17) detalhe da tarefa;
- 18) responsável pela tarefa;
- 19) intervalo entre as tarefas;
- 20) ocorrência;
- 21) severidade;
- 22) detecção;

23)RPN.

No Apêndice B tem-se o FMEA da betoneira, onde, foram definidos dois itens como principais, que são, o motor elétrico, fundamental para transformar energia elétrica em cinética e tambor, fundamental para mistura e basculação do material. Dentro destes itens, há diversos componentes, sendo selecionados os mais essenciais e vitais para o bom funcionamento. Dentro do motor elétrico, os componentes escolhidos foram: interruptor de LIGADO/DESLIGADO, fiação, placa de circuitos, rotor, rolamento, polia de alumínio e correia. Já no tambor, os componentes escolhidos foram: cremalheira e pinhão, rolamento, eixo e mancais. Tais itens podem ser observados nos componentes na Figura 10.

Figura 10 – Vista explodida betoneira



Fonte: Possamai (2020).

Por meio dos resultados obtidos da planilha FMEA para a betoneira, pode-se identificar os componentes com o RPN mais elevado, logo, sendo aqueles que necessitam de maior atenção. Após a indicação da tarefa que deve ser realizada para

reduzir este número elevado, estimasse que o valor do RPN tenda a ter uma queda, como demonstra o Tabela 1.

Tabela 1 – RPN betoneira

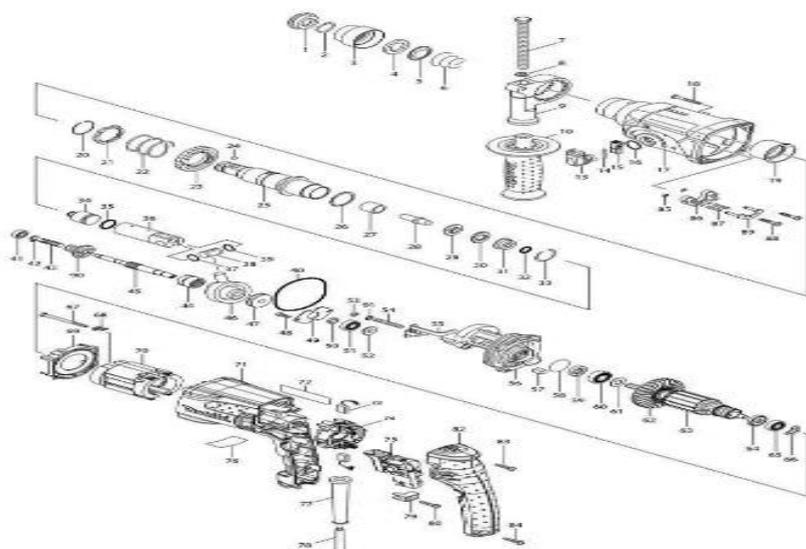
Item	Componentes	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN após tarefa indicada
Motor Elétrico	Interruptor de Ligado/Desligado	5	9	4	180	3	9	3	81
	Fiação	3	9	6	162	2	9	4	72
	Rotor	2	7	8	112	2	7	6	84
Tambor	Rolamento	7	6	4	168	5	6	2	60
	Eixo	4	6	6	144	2	6	5	60
	Mancais	7	5	4	140	4	5	2	40

Fonte: Autor (2022).

Nota-se uma diminuição relevante no valor do RPN após a tarefa indicada para estes componentes, gerando assim uma melhora nos índices de falha do equipamento. Os demais componentes que apresentam um valor mais baixo, também receberam uma indicação de tarefa de manutenção e, da mesma forma gerando uma baixa nos valores do RPN. As ações indicadas, agiram principalmente no critério de ocorrência dos componentes do tambor, reduzindo-o consideravelmente. Também há uma diminuição no critério de deteção, voltado para os componentes do item motor elétrico. Por sua vez, a severidade mante-se a mesma após as atividades indicadas, pois caso a falha ocorra mesmo com as ações tomadas, a consequência será a mesma.

No Apêndice C, encontra-se o FMEA do martetele, que possui como principais itens o motor elétrico, fundamental para transformar energia elétrica em energia cinética, e o conjunto de perfuração, fundamental para a principal função do equipamento, a demolição. Dentro destes itens, há diversos componentes, sendo selecionados os mais essenciais e vitais para o bom funcionamento. Dentro do motor elétrico, os componentes escolhidos são: Interruptor de LIGADO/DESLIGADO, fiação, placa de circuitos, rotor, rolamento e escovas de carvão. Já no conjunto de perfuração, os componentes escolhidos são: seletor de golpe, seletor de giro, engate rápido e eixo, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Vista explodida martetele



Fonte: Ferramentas (2022).

Os resultados obtidos a partir da planilha FMEA do martetele, apresenta o RPN mais alto para alguns componentes específicos, sendo esses, os que apresentam maior necessidade de cuidado. É deduzido uma redução neste valor elevado, depois das ações das tarefas indicadas, que tem o intuito de evitar o número alto de falhas para os componentes, como demonstra o Tabela 2.

Tabela 2 – RPN martetele

Itens	Componentes	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN após tarefa indicada
Motor Elétrico	Interruptor de Ligado/Desligado	8	7	2	112	5	7	2	70
	Fiação	7	4	5	140	5	4	3	60
	Rolamento	6	5	4	120	4	5	2	40
	Escova de Carvão	8	7	3	168	5	7	2	70

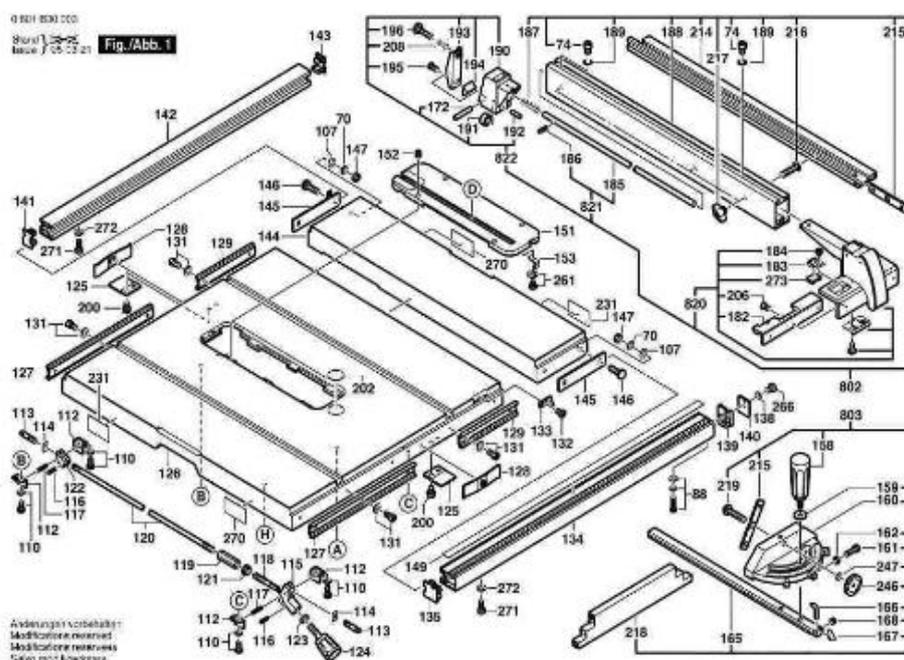
Fonte: Autor (2022).

O valor do RPN apresenta uma queda considerável nos componentes destacados no Tabela 11 após a tarefa indicada, portanto, havendo melhora nos índices de falhas. Os componentes que não estão em destaque, possuem valores de RPN menores, portanto, após tarefa indica, estes valores diminuiram ainda mais. Os

critérios mais atingidos pelas ações das tarefas foram, ocorrência e detecção, sendo destaque o motor elétrico, que teve uma baixa considerável nos dois critérios, o mesmo não ocorreu com o conjunto de perfuração, onde, a baixa é mais relevante no critério ocorrência. Isto se dá, pois o valor de detecção era baixo, sendo assim, são componentes fáceis de identificar a falha. Em relação severidade, não houve mudança nos valores, já que o efeito da falha será igual, mesmo após as ações indicadas.

No Apêndice D, está localizado o FMEA da serra circular de bancada, que conta como os principais itens o seu motor elétrico, fundamental para transformar energia elétrica em energia cinética, e a bancada, que possui os componentes essenciais para a execução do corte. Dentro destes itens, há diversos componentes, sendo selecionados os mais essenciais e vitais para o bom funcionamento. Dentro do motor elétrico, os componentes escolhidos são: Interruptor de LIGADO/DESLIGADO, fiação, placa de circuitos, rotor, rolamento e escovas de carvão. Já na bancada, os componentes escolhidos são: disco e eixo. Na Figura 12, pode-se verificar a vista explodida do equipamento.

Figura 12 – Vista explodida serra circular de bancada



Fonte: Ferramentas (2022).

Destaca-se os componentes com o maior valor de RPN dentro da planilha FMEA da serra circular de bancada, sendo estes, aqueles que necessitam de verificações e cuidados maiores. As tarefas indicadas apresentadas, tem como objetivo diminuir estes valores de RPN, implementando ações de melhoria em relação as falhas, como aponta o Tabela 3.

Tabela 3 – RPN serra circular de bancada

Itens	Componentes	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN após a tarefa indicada
Motor Elétrico	Interruptor de Ligado/Desligado	6	10	3	180	3	10	2	60
	Fiação	4	9	5	180	3	9	3	81
	Placa de Circuito	4	7	7	196	3	7	5	105
Bancada	Disco - A lâmina de material belisca quando corta	8	7	3	168	4	7	1	28

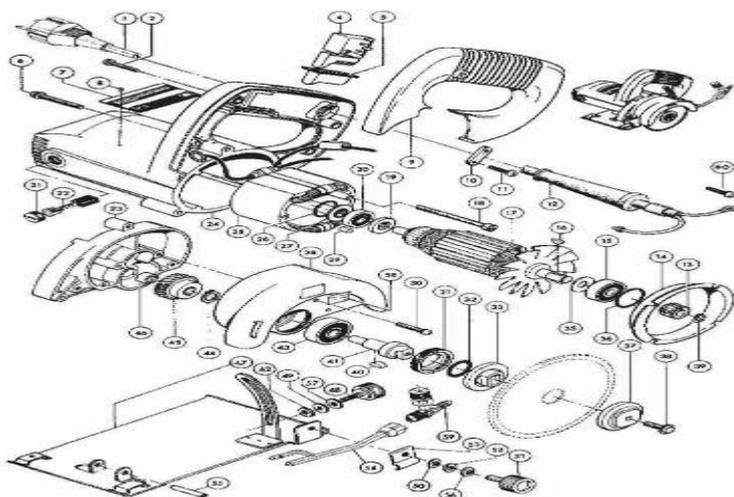
Fonte: Autor (2022).

Observa-se uma redução considerável no valor do RPN dos componentes em destaque, a aplicação das tarefas indicadas gerou uma queda significativa. Desta forma há uma boa melhora nos índices de falha do equipamento. Os componentes não selecionados no Tabela 3, apresentaram valores mais baixos, porém, ainda sim receberam tarefas para a redução valor e melhora dos índices. Critérios como, ocorrência e deteção sofreram redução no RPN com a tarefa indicada, sendo significativa nos componentes do motor elétrico e bancada de forma quase equivalente. A severidade manteve-se a mesma, pois mesmo que ações sejam tomadas, a consequência da falha do equipamento será a mesma.

Por fim, no Apêndice E, tem-se o FMEA da serra mármore, onde, foram definidos dois itens como principais, que são, o motor elétrico, fundamental para transformar energia elétrica em cinética e o conjunto o disco, fundamental para execução operacional. Dentro destes itens, há diversos componentes, sendo selecionados os mais essenciais e vitais para o bom funcionamento. Dentro do motor elétrico, os componentes escolhidos são: Interruptor de LIGADO/DESLIGADO, fiação, placa de circuitos, rotor, rolamento, polia de alumínio e correia. Já no conjunto do

disco, os componentes escolhidos são: O disco e eixo. Podemos observar os itens e componentes na Figura 13.

Figura 13 – Vista explodida serra circular de bancada



Fonte: Ferramentas (2022).

Na serra mármore, utilizando a planilha FMEA, foi apontado dentro dos itens selecionados, componentes que possuem um RPN de valor elevado, assinalando assim os que necessitam de uma maior atenção por parte da equipe. A função da tarefa indicada para cada um destes componentes, é encontrar meio de diminuir estes valores, afim de adquirir índices melhores de falha para o equipamento, no Tabela 4 pode-se observar esta redução.

Tabela 4 – RPN serra mármore

Itens	Componentes	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN após a tarefa indicada
Motor Elétrico	Interruptor de Ligado/Desligado	7	10	3	210	5	10	2	100
	Fiação	6	9	5	270	4	9	3	108
	Placa de Circuito	4	7	7	196	3	7	4	84
	Rolamento	7	4	4	112	5	4	2	40

Fonte: Autor (2022).

Para a serra mármore, foram destacados no Tabela 4, os componentes do motor elétrico, que possuem maior valor de RPN, portanto, necessitando de uma

maior atenção da equipe. Estes valores elevados são reduzidos de forma notável, por meio das tarefas indicadas, inclusive os demais componentes que não foram destacados, receberam tarefas e, reduziram também seus valores de RPN. Ocorrência e detecção são os critérios que apresentam redução nos seus valores após as tarefas, tanto para os componentes do motor elétrico, como para os componentes do disco. Como resultado temos a melhoria dos índices de falhas para o equipamento. Por sua vez, a severidade mante os seus valores iguais, pois não sofre influência das ações para este equipamento.

As análises realizadas no FMEA, geram resultados diversos, tendo em alguns caso uma discrepância entre o valor do RPN dos componentes de um mesmo equipamento. Também se percebe a diferença neste valor, entre componentes iguais, porém de equipamentos diferentes, neste caso deve ser levado em conta o ambiente de utilização deste equipamento, a forma que ele é operado, entre outros.

Os equipamentos piloto analisados no estudo, apresentam estas discrepâncias, no entanto, também apresentam semelhanças nos seus resultados e descrições. Isto acontece por serem equipamentos que possuem muitos itens iguais, e conseqüentemente componentes idênticos. Além de que, seus ambientes de operação são similares, diferenciando apenas o emprego do material em que o trabalho é realizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção é essencial para qualquer tipo de processo ou produto, sendo peça fundamental na produtividade. Logo, conhecer os seus conceitos e métodos é muito importante para gestores e operados, pois assim, ações e medidas podem ser tomadas com mais precisão, afim de gerar melhorias. Todos os argumentos e ações citados, tem como principal objetivo mostrar a manutenção como uma função estratégica dentro de uma organização, onde, com ajuda dela poderá diminuir custos operacionais e custos extras.

O presente trabalho buscou demonstrar que por meio de ferramentas simples, é possível identificar a raiz do problema e controlar de maneira efetiva as causas, conseqüentemente, obter bons resultados no processo. Também nos mostrou que não importa o tamanho da empresa, a manutenção sempre se faz necessária, e possui métodos adequados para todos os tipos de processos, sendo mais simples, até o mais elaborado.

Diversos frutos foram e serão colhidos por esta organização, pois, o proprietário e os funcionários entenderam de maneira estratégica o seu processo de manter, identificando as diversas melhorias na produtividade do equipamento, aumento da vida útil e menor custos durante a quebra.

Os objetivos específicos foram alcançados dentro das limitações do estudo. A classificação dos equipamentos da empresa, se deu por meio da planilha ABC (Quadro 3), onde, em A foram selecionados os equipamentos mais críticos para o processo, em B os equipamentos que afetavam o processo, porém não de maneira crítica e C os equipamentos que não afetavam o processo em caso de falha.

A seleção dos equipamentos piloto foi realizada de forma conjunta com a equipe de operação e proprietário, utilizando como parâmetro a importância e funcionalidade dentro da construção e reforma de uma residência, com isso, foram obtidos quatro equipamentos piloto, que possuem como método de manutenção mais adequado, a manutenção preventiva.

Por sua vez, a aplicação da planilha FMEA, foi possível por meio de experiências trocadas entre operadores, proprietário e pesquisador, no qual, de forma conjunta, desmembraram os equipamentos, afim de apurar itens e componentes que apresentam falhas, e o porquê, destas falhas.

Portanto, o objetivo geral foi alcançado, por meio de ferramentas, métodos e aplicações, utilizados juntamente com a equipe de operação e proprietário, acarretando a definição manutenção preventiva como a principal a ser utilizada pela empresa. Possibilitando assim, criar documentos para a realização de um plano de manutenção futura, com os relatórios gerados com a planilha FMEA. Desta forma, a questão de pesquisa proposta pelo estudo foi respondida com êxito, onde, por meio dos dados gerados, foi possível atuar de forma planejada e estratégica em relação a manutenção dos equipamentos.

Em relação as dificuldades apresentadas no decorrer do desenvolvimento do estudo, temos como a principal, a interpretação das informações e dados coletados dos funcionários e proprietário, para o trabalho de forma acadêmica.

Por fim, pesquisas futuras podem ser geradas a partir deste estudo, no qual pode ser desenvolvido atividades relacionadas ao planejamento e controle da manutenção (PCM), afim de estabelecer ações estratégicas, com o intuito de preparar, programar e verificar os resultados obtidos de uma manutenção. Onde, será possível codificar os equipamentos, registrando assim todas as informações necessárias; estabelecer procedimentos operacionais padrão (POP) de manutenção, no qual é listando para os operadores como devem ser executadas as etapas de manutenção; e por fim, implementar o plano mestre de manutenção, afim de identificar e registrar todas as paradas preventivas dos equipamentos. Logo, será possível gerenciar todas as etapas do procedimento de manutenção da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Gestão da manutenção: Aplicado às áreas industrial, predial e elétrica**. São Paulo: Editora Érica, 2018. 176 p.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. São Paulo: Editora Érica, 2014. 256 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 1994. 37 p.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciencia Moderna, 2008. 280 p.

CALÔBA, Guilherme; KLAES, Mario. **Gerenciamento de Projetos com PDCA**. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2016. 253 p.

COSTA, Mariana de Almeida. **GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR O RESULTADO OPERACIONAL**. 2013. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 288 p.

FONSECA, Aline Fagundes da *et al.* **ANÁLISE DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PARA OS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE GÁS NUMA EMPRESA DE RAMO PETROQUÍMICA**. Xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, p. 1-15, out. 2016.

FERRAMENTAS, Mega. **PEÇAS E VISTA EXPLODIDA**. 2022. Disponível em: <https://www.megaFerramentas.com.br/>. Acesso em: 27 fev. 2022.

JORNAL MINUANO (Bagé). **SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL REGISTRA CRESCIMENTO EM BAGÉ**. 2020. Disponível em: <https://www.jornalminuano.com.br/noticia/2020/10/03/setor-de-construcao-civil-registra-crescimento-em-bage>. Acesso em: 13 nov. 2021.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade Manutenibilidade e Disponibilidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 388 p. (4).

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, Claudia Marcia R. Machado; CARVALHO, Rogerio Atem de. **QUALIDADE NA MANUTENÇÃO**. Xxxi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, p. 1-11, out. 2011.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção. Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012. 440 p.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 373 p.

MEZZAROBA, Orides; MONTEIRO, Cláudia Servilha. **Manual de Metodologia da Pesquisa no Direito**. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2019. 360 p.

NUNES, Jéssica Martins *et al.* **O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica**. Research, Society And Development, [S. L.], v. 9, n. 9, p. 2-32, ago. 2020.

PALOMINO, Reynaldo *et al.* **APLICAÇÃO DA CURVA ABC NA GESTÃO DE ESTOQUE DE UMA MICRO EMPRESA DE ARACAJU-SE**. Xxxviii Encontro Nacional de Engenharia de Producao, Maceió, p. 1-12, out. 2018.

PEURIFOY, Robert L. *et al.* **Planejamento, equipamentos e métodos para a construção civil**. 8. ed. Porto Alegre: Amgh, 2015. 816 p.

PIRES, Cinthia *et al.* **IMPORTÂNCIA DA CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO**. Pmkb (Project Management Knowledge Base), Belo Horizonte, p. 1-8, jul. 2018.

POSSAMAI. **Manual de Instruções Betoneiras**. Santa Catarina: Possamai Indústria Metalúrgica Ltda, 2020. 19 p. (3042).

SÁ JÚNIOR, Joel da Silva *et al.* **Análise para implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de locação de equipamentos para construção civil**. Cadernos Unifoa, Volta Redonda, v. 10, n. 2, p. 15-39, ago. 2015.

SANTOS, Lucas Oliveira *et al.* **ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS (FMEA): UMA AVALIAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES EM PERIÓDICOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS**. IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, Sergipe, p. 81-93, nov. 2017.

SIGMA. **Atuação da Rede Industrial**. 2022. Disponível em: <https://centralsigma.com.br/atuacao-da-rede-industrial/>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SIGMA. **Manual de Implantação SIGMA**. 2018. Central SIGMA. Disponível em: <https://centralsigma.com.br/>. Acesso em: 13 set. 2021.

SINDICATO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINDUSCON). **Análise Setorial**. 2020. Disponível em: <https://sinduscon-rs.com.br/balanco/>. Acesso em: 02 jul. 2021.

SOUZA, Heraldo José Lopes de. **PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA UMA IMPRESSORA INDUSTRIAL**. 2012. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia da Confiabilidade Aplicada na Manutenção, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SOUZA, Strauss Sydio de; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, p. 1-8, out. 2003.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**: melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. 2. ed. Belo Horizonte: Falconi Editora, 2014. 312 p.

APÊNDICE B

PLANILHA FMEA DA BETONEIRA

FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos																							
Item	Componente	Função	Padrão de Desempenho	Modo de Falha	Efeito da Falha	Tempo Médio de Parada	Danos pessoais/materiais/ambientais	Causa da Falha	O que pode ser feito para evitar a falha	Classificação da consequência da falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Tarefa Indicada	Detalhe da Tarefa	Responsável pela tarefa	Intervalo entre tarefas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
Descrição [projeto/processo/serviço]: Avaliação do equipamento Equipamento: Betoneira Modelo: Traço 400L Monofásico 220V CSM Membro da equipe: Pesquisador, proprietário e operador Produto <input checked="" type="checkbox"/> Processo <input type="checkbox"/> Pagina 1 de 1 Data: 17/12/2021																							
																							
Motor Elétrico	Interruptor de LIGADO/DESLIGADO	Ligar/deligar o circuito elétrico	Funcionamento contínuo abrindo e fechando o circuito repetidas vezes sem apresentar travamento	Motor não liga/desliga	Falha da betoneira	10 minutos	Apenas operacional	Escombros no interruptor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de palpação	Operacional e Segurança (Crítica)	5	9	4	180	Preventiva: Manter sempre limpo o interruptor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	3	9	3	81	
	Fiação elétrica	Realizar a ligação elétrica do motor	Funcionamento contínuo conduzindo corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		1 dia	Apenas operacional	Rompimento dos fios	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	3	9	6	162	Corretiva: Soldagem com estanho	Soldar fios rompidos com estanho	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	2	9	4	72	
	Placa de circuito	Integrar as partes do circuito	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não liga		3 dias	Apenas operacional	fusível ou interruptor do circuito fundido	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	2	7	7	98	Corretiva: Troca do interruptor ou fusível	Verificar e substituir componentes defeituosos	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	2	7	5	70	
	Rotor	Produz movimento de rotação e energia, reduzindo a perda do campo magnético	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não gera transmissão		2 dias	Apenas operacional	Queima do rotor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	2	7	8	112	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rotor queimado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	2	7	6	84	
	Rolamento	Reduzir o atrito entre partes móveis	Funcionamento contínuo sem apresentar travamento	Parte móveis com grande atrito		Dificuldade na transmissão do moto	1 dia	Apenas operacional	Quebra do rolamento	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e operação	Operacional (Crítica)	3	6	4	72	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rolamento desgastado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	3	6	3	54
	Polia de Alumínio	Transmite a potência do motor	Funcionamento contínuo sem apresentar vibração	Não há transmissão de força			1 dia	Apenas operacional	Falta de limpeza, ressecamento e desgaste.	Inspeção periódica: visual e de palpação	Operacional (Crítica)	6	6	2	72	Preventiva: Realizar limpeza diariamente. Corretiva: Substituição da peça.	Manter limpeza do local em dia. Substituir polia ressecada ou desgastada por uma nova.	Operador	1 dia	4	6	2	48
	Correia	Transmite a potência do motor	Funcionamento contínuo sem deslizar (patinar)	Não há transmissão de força			10 minutos 1 dia	Apenas operacional	Falta limpeza, ressecamento e desgaste.	Inspeção periódica: visual e de palpação	Operacional (Crítica)	6	6	2	72	Preventiva: Realizar limpeza diariamente. Corretiva: Substituição da peça.	Manter limpeza do local em dia. Substituir polia ressecada ou desgastada por uma nova.	Operador	1 dia	4	6	2	48
Tambor	Cremalheira	Converte movimento rotacional em retilíneo	Funcionamento contínuo sem vibração	Velocidade de rotação desregulada	Dificuldade no movimento de rotação	15 minutos	Apenas operacional	Desgaste nos dentes, falta de limpeza e de lubrificação	Inspeção periódica: visual e de desempenho	Operacional (Crítica)	8	6	2	96	Preventiva: Realizar lubrificação e limpeza	Manter limpeza e lubrificação do local em dia.	Operador	1 dia	5	6	2	60	
	Pinhão	Converte movimento rotacional em retilíneo	Funcionamento contínuo sem vibração	Movimento de rotação defeituoso		15 minutos	Apenas operacional	Desgaste nos dentes, falta de limpeza e de lubrificação	Inspeção periódica: visual e de desempenho	Operacional (Crítica)	8	6	2	96	Preventiva: Realizar lubrificação e limpeza	Manter limpeza e lubrificação do local em dia.	Operador	1 dia	5	6	2	60	
	Rolamento	Reduz o atrito entre partes móveis	Funcionamento contínuo sem apresentar travamento	Parte móveis com grande atrito		15 minutos	Apenas operacional	Falta de lubrificação e limpeza	Inspeção periódica: visual e de desempenho	Operacional (Crítica)	7	6	4	168	Preventiva: Realizar lubrificação e limpeza	Manter limpeza e lubrificação do local em dia.	Operador	1 dia	5	6	2	60	
	Eixo	Guia o movimento de rotação a uma peça	Funcionamento contínuo sem apresentar ruídos, vibração e super aquecimento	Movimento de rotação defeituoso		15 minutos	Apenas operacional	Falta de lubrificação e limpeza	Inspeção periódica: visual e de desempenho	Operacional (Crítica)	4	6	6	144	Preventiva: Realizar lubrificação e limpeza	Manter limpeza e lubrificação do local em dia.	Operador	1 dia	2	6	5	60	
	Mancais	Apoio e guia para eixos giratórios	Realizar movimentos giratórios sem apresentar travamento	Apoio para eixo giratório	Dificuldade de bascular	15 minutos	Apenas operacional	Falta de lubrificação, desgaste e limpeza	Inspeção periódica: visual e de desempenho	Operacional (Crítica)	7	5	4	140	Preventiva: Realizar lubrificação e limpeza	Manter limpeza e lubrificação do local em dia.	Operador	1 dia	4	5	2	40	

APÊNDICE C

PLANILHA FMEA DO MARTELETE



FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos

Descrição [projeto/processo/serviço]: Avaliação do equipamento Equipamento: Serra Circular de Bancada Modelo: 1510W SDS-MAX HM1203C MAKITA Membro da equipe: Pesquisador, proprietário e operador Produto <input checked="" type="checkbox"/> Processo <input type="checkbox"/> Pagina 1 de 1 Data: 27/01/2022																							
Item	Componente	Função	Padrão de Desempenho	Modo de Falha	Efeito da Falha	Tempo Médio de Parada	Danos pessoais/materiais/ambientais	Causa da Falha	O que pode ser feito para evitar a falha	Classificação da consequência da falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Tarefa Indicada	Detalhe da Tarefa	Responsável pela tarefa	Intervalo entre tarefas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
Motor Elétrico	Interruptor de LIGADO/DESLIGADO	Ligar/deligar o circuito elétrico	Abriir e fechar circuito repetidas vezes sem apresentar travamento	Motor não liga/desliga	Falha do martetele	10 minutos	Apenas operacional	Escombros no interruptor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual, palpação e operacional	Operacional e Segurança (Crítica)	8	7	2	112	Preventiva: Manter sempre limpo o interruptor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	5	7	2	70	
	Fiação elétrica	Realizar a ligação elétrica do motor	Conduzir corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		1 dia	Apenas operacional	Rompimento dos fios	Inspeção do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	7	4	5	140	Corretiva: Soldagem com estanho	Soldar fios rompidos com estanho	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	5	4	3	3	60
	Placa de circuito	Integrar as partes do circuito	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não liga		2 dias	Apenas operacional	fusível ou interruptor do circuito fundido	Inspeção do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	5	3	6	90	Corretiva: Troca do interruptor ou fusível	Verificar e substituir componente defeituoso	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	4	3	3	3	36
	Rotor	Produce movimento de rotação e energia, reduzindo a perda do campo magnético	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não gera transmissão		2 dias	Apenas operacional	Queima do rotor	Inspeção do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	5	2	7	70	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rotor queimado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	3	2	4	4	24
	Escova de Carvão	Conduz corrente elétrica de uma parte estática, para uma parte rotativa	Funcionamento contínuo conduzindo corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		2 horas	Apenas operacional	Escova de carvão gasta	Inspeção do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	8	7	3	168	Corretiva: Realizar a troca da escova de carvão	Verificar e substituir componente defeituoso	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	5	7	2	2	70
	Rolamento	Reduzir o atrito entre partes móveis	Funcionamento contínuo sem apresentar travamento	Parte móveis com grande atrito		Dificuldade na transmissão do moto	1 dia	Apenas operacional	Desgaste do rolamento	Inspeção do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	6	5	4	120	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rolamento desgastado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	4	5	2	2
Conjunto de perfuração	Seletor de Golpe	Definir o tipo de golpe executado pelo equipamento	Varição contínua no tipo de golpe executado, sem apresentar desgaste imediato	Não realizar a troca entre os tipos de golpe	Dificuldade na execução operacional	10 minutos	Apenas operacional	Escombros no seletor	Inspeção periódica: visual, palpação e operacional	Operacional (Crítica)	6	4	2	48	Preventiva: Manter sempre limpo o seletor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	2	4	1	8	
	Seletor de Giro	Definir o tipo de giro(horário ou anti-horário) executado pelo equipamento	Varição contínua no tipo de golpe executado, sem apresentar desgaste imediato	Não realizar a troca entre os tipos de giro		10 minutos	Apenas operacional	Escombros no seletor	Inspeção periódica: visual, palpação e operacional	Operacional (Crítica)	6	4	2	48	Preventiva: Manter sempre limpo o seletor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	2	4	1	8	
	Engate rápido	Conectar ferramentas auxiliares ao equipamento	Saque e encaixe de ferramentas de forma contínua sem dificuldades/funcionamento contínuo sem apresentar folga no encaixe	Dificuldade no conexão das ferramentas auxiliares		15 minutos	Apenas operacional	Falta de lubrificação e escombros no local	Inspeção periódica: visual, palpação e operacional	Operacional (Crítica)	7	4	2	56	Preventiva: Lubrificar e manter sempre limpo o engate	Realizar lubrificação e limpeza antes e após o uso	Operador	1 dia	3	4	1	12	

APÊNDICE D

PLANILHA FMEA DA SERRA CIRCULAR DE BANCADA



FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos

Descrição [projeto/processo/serviço]: Avaliação do equipamento																						
Equipamento: Serra Circular de Bancada																						
Modelo: GTS 254 220V BOSCH																						
Membro da equipe: Pesquisador, proprietário e operador																						
Produto <input checked="" type="checkbox"/> Processo <input type="checkbox"/>																						
Página 1 de 1																						
Data: 05/01/2022																						
Item	Componente	Função	Padrão de Desempenho	Modo de Falha	Efeito da Falha	Tempo Médio de Parada	Danos pessoais/materiais/ambientais	Causa da Falha	O que pode ser feito para evitar a falha	Classificação da consequência da falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Tarefa Indicada	Detalhe da Tarefa	Responsável pela tarefa	Intervalo entre tarefas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN
Motor Elétrico	Interruptor de LIGADO/DESLIGADO	Ligar/deligar o circuito elétrico	Abrir e fechar circuito repetidas vezes sem apresentar travamento	Motor não liga/desliga	Falha da Serra	15 minutos	Operacional e de segurança	Escobros no interruptor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de palpação	Operacional e Segurança (Crítica)	6	10	3	180	Preventiva: Manter sempre limpo o interruptor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	3	10	2	60
	Fiação elétrica	Realizar a ligação elétrica do motor	Conduzir corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		2 dias	Apenas operacional	Rompimento dos fios	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	4	9	5	180	Corretiva: Soldagem com estanho	Soldar fios rompidos com estanho	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	3	9	3	81
	Placa de circuito	Integrar as partes do circuito	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não liga		3 dias	Apenas operacional	fusível ou interruptor do circuito fundido	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	4	7	7	196	Corretiva: Troca do interruptor ou fusível	Verificar e substituir componentes defeituosos	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	3	7	5	105
	Rotor	Produz movimento de rotação e energia, reduzindo a perda do campo magnético	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não gera transmissão		2 dias	Apenas operacional	Queima do rotor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	2	6	6	72	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rotor queimado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	2	6	4	48
	Escova de Carvão	Conduz corrente elétrica de uma parte estática, para uma parte rotativa	Funcionamento contínuo conduzindo corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		2 horas	Apenas operacional	Escova de carvão gasta	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de palpação	Operacional (Crítica)	7	7	2	98	Corretiva: Realizar a troca da escova de carvão	Verificar e substituir componente defeituoso	Operador	Quando apresentar defeito	5	7	1	35
	Rolamento	Reduzir o atrito entre partes móveis	Funcionamento contínuo sem apresentar travamento	Parte móveis com grande atrito		Dificuldade na transmissão do motor	1 dia	Apenas operacional	Desgaste do rolamento	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e operação	Operacional (Crítica)	5	4	4	80	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rolamento desgastado	Operador	Quando apresentar defeito	3	4	3
Bancada	Disco	Realizar cortes	Funcionamento contínuo sem vibração e alto desgaste, realizando cortes com precisão	Falha no corte	Não realiza cortes de extração exatos de 45° e de 90°	15 minutos	Apenas operacional	Não está ajustado o apontador do ângulo da lâmina	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	8	5	2	80	Preventiva: Ajuste da lâmina	Verificar a lâmina com um quadrado e ajustar o apontador do ângulo da lâmina antes e após a operação	Operador	1 dia	4	5	1	20
					A lâmina de material belisca quando corta	10 minutos	Apenas operacional	A guia paralela não está alinhada com a lâmina.	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	8	7	3	168	Preventiva: Verificar alinhamento da guia paralela	Verificar e ajustar a guia paralela antes e após a operação	Operador	1 dia	4	7	1	28
					Cortes insatisfatórios	10 minutos	Apenas operacional	Lâmina sem fio	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	6	6	1	36	Corretiva: Troca da lamina	Verificar e realizar troca da lamina defeituosa	Operador	Quando apresentar defeito	3	6	1	18
					A lâmina não se eleva ou se inclina livremente	5 minutos	Apenas operacional	Serragem e sujeira na elevação / inclinação	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	8	4	1	32	Preventiva: Realizar limpeza diariamente	Manter limpeza do local em dia	Operador	1 dia	5	4	2	40

APÊNDICE E

PLANILHA FMEA DA SERRA MÁRMORE



FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos

Descrição [projeto/processo/serviço]: Avaliação do equipamento																						
Equipamento: Serra Circular de Bancada																						
Modelo: 1100w 115mm Bd115 Black&ddecker																						
Membro da equipe: Pesquisador, proprietário e operador																						
Produto <input checked="" type="checkbox"/> Processo <input type="checkbox"/>																						
Página 1 de 1																						
Data: 16/01/2022																						
Item	Componente	Função	Padrão de Desempenho	Modo de Falha	Efeito da Falha	Tempo Médio de Parada	Danos pessoais/materiais/ambientais	Causa da Falha	O que pode ser feito para evitar a falha	Classificação da consequência da falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	Tarefa Indicada	Detalle da Tarefa	Responsável pela tarefa	Intervalo entre tarefas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN
Motor Elétrico	Interruptor de LIGADO/DESLIGADO	Ligar/desligar o circuito elétrico	Abriu e fechar circuito repetidas vezes sem apresentar travamento	Motor não liga/desliga	Falha da Serra	10 minutos	Apenas operacional	Escombros no interruptor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de palpação	Operacional e Segurança (Crítica)	7	10	3	210	Preventiva: Manter sempre limpo o interruptor	Realizar limpeza após o uso	Operador	1 dia	5	10	2	100
	Fiação elétrica	Realizar a ligação elétrica do motor	Conduzir corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		1 dia	Apenas operacional	Rompimento dos fios	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	6	9	5	270	Corretiva: Soldagem com estanho	Soldar fios rompidos com estanho	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	4	9	3	108
	Placa de circuito	Integrar as partes do circuito	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não liga		2 dias	Apenas operacional	fusível ou interruptor do circuito fundido	Inspeção periódica do compartimento do motor: verificação através do multímetro e visual	Operacional (Crítica)	4	7	7	196	Corretiva: Troca do interruptor ou fusível	Verificar e substituir componentes defeituosos	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	3	7	4	84
	Rotor	Produz movimento de rotação e energia, reduzindo a perda do campo magnético	Funcionamento contínuo sem apresentar super aquecimento	Motor não gera transmissão		2 dias	Apenas operacional	Queima do rotor	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de operação	Operacional (Crítica)	2	6	6	72	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rotor queimado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	2	6	4	48
	Escova de Carvão	Conduz corrente elétrica de uma parte estática, para uma parte rotativa	Funcionamento contínuo conduzindo corrente elétrica sem apresentar fuga de energia	Motor não liga		2 horas	Apenas operacional	Escova de carvão gasta	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e de palpação	Operacional (Crítica)	7	7	2	98	Corretiva: Realizar a troca da escova de carvão	Verificar e substituir componente defeituoso	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	4	7	1	28
	Rolamento	Reduzir o atrito entre partes móveis	Funcionamento contínuo sem apresentar travamento	Parte móveis com grande atrito		Dificuldade na transmissão do moto	1 dia	Apenas operacional	Desgaste do rolamento	Inspeção periódica do compartimento do motor: visual e operação	Operacional (Crítica)	7	4	4	112	Corretiva: Realizar a troca	Substituir rolamento desgastado	Assistência técnica	Quando apresentar defeito	5	4	2
Conjunto do Disco	Disco	Realizar cortes	Funcionamento contínuo sem vibração e alto desgaste, realizando cortes com precisão	Falha no corte	A lâmina de material belisca quando corta	5 minutos	Apenas operacional	A guia paralela não está alinhada com a lâmina	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	8	4	2	64	Preventiva: Verificar alinhamento da guia paralela	Verificar e ajustar a guia paralela	Operador	1 dia	4	4	1	16
					Cortes insatisfatórios	5 minutos	Apenas operacional	Lâmina sem fio	Inspeção periódica: visual e operacional	Operacional (Crítica)	4	6	2	48	Corretiva: Troca da lamina	Verificar e realizar troca da lamina defeituosa	Operador	Quando apresentar defeito	3	6	1	18