



BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ FERREIRA DE MENEZES JUNIOR

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA A RETROESCAVADEIRA
DE UMA EMPRESA DO RAMO DE TERRAPLANAGEM NO MUNICÍPIO DE
GRAVATAÍ**

Canoas
2022

JOSÉ FERREIRA DE MENEZES JUNIOR

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA A RETROESCAVADEIRA
DE UMA EMPRESA DO RAMO DE TERRAPLANAGEM NO MUNICÍPIO DE
GRAVATAÍ**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de
Diplomação a ser apresentado ao
Departamento de Engenharia Mecânica do
Centro Universitário Ritter dos Reis, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Manoel Henrique Alves, MSc.

Canoas
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me dar força para ultrapassar todas as dificuldades encontradas.

Aos meus pais e irmã, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. De modo mais especial, ao professor Manoel Henrique Alves, por aceitar ser meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação.

Agradeço também aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

RESUMO

A estratégia de manutenção é uma área de grande relevância atualmente dentro das empresas, fazendo com que seja indispensável existir um plano de manutenção adequado. Contudo, o equipamento estudado não possui nenhum tipo de estratégia de manutenção, mesmo sendo um ativo de alta relevância no faturamento da empresa que o detém. Esta falta de planejamento da manutenção gera inúmeros problemas, como quebra do equipamento, atraso de serviços, desperdícios e gastos desnecessários, o que cria um impacto negativo significativo nas finanças da empresa. Buscando sanar este problema, o presente trabalho se propôs a gerar um plano de manutenção para uma retroescavadeira que atua no ramo de terraplanagem, baseando-se nas metodologias de TPM, manutenção centrada em confiabilidade, junto com a aplicação da ferramenta FMEA. O resultado obtido foi um plano de manutenção que gerará uma maior confiabilidade ao ativo, bem como melhores desempenho e disponibilidade do mesmo.

Palavras-chave: Plano de manutenção. Retroescavadeira. FMEA. Preventiva.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama implantação MCC	20
Figura 2 - Pilares da TPM	23
Figura 3 - Fluxograma etapas da pesquisa	27
Figura 4 - Dimensões retroescavadeira	28
Figura 5 - Especificações do motor.	29
Figura 6 - Retroescavadeira Case 580L	29
Figura 7 - Adesivo de manutenção	41
Figura 8 - Estrutura do plano de manutenção	43
Figura 9 - Estrutura da manutenção atual	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da manutenção	15
Tabela 2 - Diferença da manutenção tradicional e MCC	19
Tabela 3 - Classificação do IR	22
Tabela 4 - Ocorrência	31
Tabela 5 - Gravidade	32
Tabela 6 - Detecção	33
Tabela 7 - Nova tabela manutenções preventiva de 10(h)	36
Tabela 8 - Nova tabela manutenções preventiva de 50(h)	37
Tabela 9 - Nova tabela manutenções preventiva de 100(h)	38
Tabela 10 - Nova tabela manutenções preventiva de 250(h)	39
Tabela 11 - Nova tabela manutenções preventiva de 500(h)	40
Tabela 12 - Nova tabela manutenções preventiva de 1000(h)	40
Tabela 13 - Nova tabela manutenções preventiva de 2000(h)	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
h	Hora
IR	Índice de risco
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Porcentagem, divisão de um número qualquer por 100

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	14
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
2.2.1 Manutenção corretiva	16
2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada	16
2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada	16
2.2.2 Manutenção preventiva	16
2.2.3 Manutenção preditiva	17
2.2.4 Manutenção detectiva	17
2.3 ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	17
2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	18
2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)	18
2.5.1 Plano de manutenção	21
2.5.2 Confiabilidade da manutenção	21
2.5.3 Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA)	21
2.5.3.1 Índice de risco (IR)	21
2.6 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)	22
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	24
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	25
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	25
3.3.1 Utilização do FMEA	25
3.4 VALIDAÇÃO DA TPM	26
3.5 ESTRATÉGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 EQUIPAMENTO ESTUDADO	27
4.2 ITENS E VERIFICAÇÕES DE RELEVÂNCIA	30
4.2.1 Organização dos itens e verificações relevantes	30
4.3 APLICAÇÃO DA FMEA	30
4.3.1 Escolha dos itens	30
4.3.2 Classificação índice de risco (IR)	31
4.4 CARACTERÍSTICAS DA TPM	33
4.5 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	34

4.5.1 Modelo de manutenção	34
4.5.2 Planilha de verificação diária	35
4.5.3 Manutenções recomenda pelo fabricante	35
4.5.4 Ordem de serviço (OS)	41
4.5.5 Registros de manutenções	42
4.5.6 Nova estrutura de manutenção	42
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A - Lista de itens e verificações coletada com operador / manual	48
APÊNDICE B – Planilha FMEA	49
APÊNDICE C – Planilha de verificação diária	52
APÊNDICE D – Ordem de serviço	53
APÊNDICE E – Registro de manutenções	54
ANEXO A – Manutenção preventiva do fabricante de 10(h)	55
ANEXO B – Manutenção preventiva do fabricante de 50(h)	56
ANEXO C – Manutenção preventiva do fabricante de 100(h)	57
ANEXO D – Manutenção preventiva do fabricante de 250(h)	58
ANEXO E – Manutenção preventiva do fabricante de 500(h)	59
ANEXO F – Manutenção preventiva do fabricante de 1000(h)	60
ANEXO G – Manutenção preventiva do fabricante de 2000(h)	61

1 INTRODUÇÃO

O capítulo atual busca apresentar uma breve introdução referente ao quão influente é a manutenção no crescimento das empresas, contextualizando a importância de existir um plano de manutenção e, em sequência, apresentando o problema desta pesquisa, os objetivos a serem atingidos e, por fim, a justificativa.

É de conhecimento geral que o avanço da tecnologia torna o mundo cada vez mais globalizado, isto faz com que seja necessário sempre estar buscando um melhor aproveitamento do tempo. Essa tendência de otimizar o tempo reflete de maneira muito significativa nas empresas, visto que uma maneira de melhorar este quesito é extrair o melhor desempenho possível dos equipamentos, com o objetivo de gerar uma maior disponibilidade e agilidade no atendimento ao cliente.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção entra com um papel muito importante neste cenário devido à sua influência direta na qualidade e produtividade de uma empresa. Isso torna a manutenção uma atividade indispensável nos processos de produção de uma empresa, tendo assim a necessidade de ser um agente proativo.

Conforme Kardec e Nascif (2009), a maioria das empresas brasileiras ainda possui o modelo de manutenção do passado, outras poucas estão buscando o modelo de manutenção moderno, e uma pequena fatia já funciona dentro do modelo de manutenção do futuro, mostrando excelentes resultados empresariais.

Para se tornar uma empresa competitiva no mercado atualmente, existe a necessidade de se ter uma estratégia para cada setor da empresa, desde o setor de marketing até o setor de manutenção, visto isso, o plano de manutenção é uma estratégia que consegue elevar a empresa a outro nível, trazendo organização, redução de custos, maior aproveitamento do tempo, segurança, entre outros benefícios.

Sendo assim, o plano de manutenção que foi desenvolvido neste trabalho foi baseado na metodologia TPM, MCC e na sua ferramenta FMEA, priorizando os itens de grande importância do equipamento estudado, buscando evitar ao máximo falhas futuras.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Para que a retroescavadeira da empresa tenha seu desempenho máximo extraído e uma disponibilidade maior, é necessário que todo o conjunto do maquinário esteja em ótimas condições de funcionamento. Para isso, é indispensável que as manutenções sejam feitas em dia. Visto isso, este trabalho tem como objetivo responder a seguinte questão de pesquisa: como elaborar um plano de manutenção para uma retroescavadeira?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho são apresentados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um plano de manutenção que evite falhas futuras, gere um histórico de manutenção e organize as manutenções recorrentes que são recomendadas pelo fabricante. A estratégia de manutenção será criada para uma retroescavadeira da marca Case, modelo 580L, de uma empresa privada que atua no ramo de terraplenagem, localizada na cidade de Gravataí.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- desenvolver atividades de rotina visando à prevenção de manutenção corretiva;
- elaborar um plano de manutenção;
- avaliar os principais tipos de falhas em uma retroescavadeira;
- avaliar a criticidade de cada falha.

1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme vai se fazendo a necessidade de cada dia tornar as empresas mais tecnológicas e inovadoras, é automático o questionamento das práticas e conceitos que antes eram tidos como verdade absoluta. Seguindo essa linha de evolução, novos sistemas, métodos e ferramentas de manutenção acabam também sendo criados para acompanhar este crescimento globalizado.

A justificativa para o desenvolvimento do presente trabalho surgiu do fato de existir um bem ativo de uma empresa privada para o qual ainda se faz o uso da antiga manutenção emergencial, sendo que este tipo de manutenção já acarretou sérios problemas no equipamento, como, falha no sistema hidráulico, quebra de engrenagens, entre outros componentes importantes para o desempenho e segurança da máquina. A modalidade de manutenção corretiva emergencial, toma um maior tempo para efetuar a correção da falha, chega a ser sete vezes mais cara para a empresa comparado com os outros tipos de manutenções e diminui a segurança do equipamento. Deste modo, entendeu-se a necessidade de se desenvolver um plano de manutenção preventiva com o intuito de evitar o lucro cessante, compras de caráter emergencial, danos auxiliares e tempo gasto com manutenção.

É esperado que este plano de manutenção gere uma melhora na produtividade do equipamento, na sua vida útil e, conseqüentemente, no financeiro da empresa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo aborda o referencial teórico, o qual este trabalho utilizará como base para desenvolver o plano de manutenção da retroescavadeira. A seguir, contextualiza-se a história da manutenção ao longo do tempo e cita-se os tipos de manutenções. Por fim, são abordados conceitos e ferramentas da manutenção que foram estudados e aplicados na criação da estratégia de manutenção apresentada neste trabalho.

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Afirma Wyrebsk (1997) que desde o início da humanidade houve a necessidade de preservar as ferramentas e utensílios de caça. Os progressos tecnológicos no século XVII exigiram que o equipamento fosse mantido em condições de funcionamento, gerando assim a necessidade de manutenção. A Revolução Industrial, que começou no século XVIII, expandiu rapidamente a tecnologia e, junto a isso, as atividades de manutenção e reparo de equipamentos.

Existe uma dificuldade de pontuar quando começou a manutenção. Porém, é possível afirmar que o termo manutenção foi desenvolvido no meio militar, assim como seu sentido: “O termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação” (MONCHY, 1987, p. 3).

Conforme Kardec e Nascif (2008), após 1930, a evolução da manutenção pode ser classificada em quatro gerações, conforme é apresentado na Tabela 1 abaixo. Também pode ser observado na tabela o aumento das expectativas da manutenção, a visão quanto à falha do equipamento e as mudanças nas técnicas da manutenção, fazendo-se entender facilmente as diferenças de cada geração.

Tabela 1 - Evolução da manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração	
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos	
Visão quanto à falha do equipamento	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira		• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5	
Mudança nas técnicas de Manutenção	• Habilidades voltadas para o reparo		• Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo)		• Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços		• Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados	

Fonte: Kardec e Nascif, 2008.

Vista a evolução na área da manutenção durante os anos, é possível dizer, do ponto de vista de Kardec e Nascif (2008), que a missão da manutenção é certificar-se de que há disponibilidade dos equipamentos e de suas funções para atender aos processos de produção ou serviço, sempre com confiabilidade, segurança e respeito ao meio ambiente, bem como com custos adequados.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Do ponto de vista de Viana (2002), cada autor classifica os tipos de manutenção de forma diferente; porém, a classificação nada mais é que “formas de intervir nos instrumentos de produção”. Conforme o autor, é possível perceber que

existe um consenso da grande maioria dos autores sobre algumas classificações, existindo pequenas variações que não chegam a ser relevantes. Sendo assim, as principais classificações de manutenção são apresentadas a seguir.

2.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva tem o objetivo de efetuar reparos de falhas ou menor desempenho em algum tipo de equipamento. No entanto, não se classifica necessariamente como uma manutenção de emergência. “Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 38). Na visão de Kardec e Nascif (2009), é interessante classificar a manutenção corretiva em dois grupos: não planejada e planejada.

2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

A manutenção corretiva não-planejada ocorre quando o equipamento não está mais em funcionamento, ou quando o desempenho do mesmo não é suficiente para exercer a função para a qual foi projetado, acarretando grandes despesas, menor previsibilidade de produção e menor segurança.

2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada

A manutenção corretiva planejada consiste em esperar, por escolha da gerência, a falha total, ou a perda de desempenho do equipamento para efetuar a manutenção. Entretanto, já terá um planejamento para executar a correção necessária, como, por exemplo, fazer a troca por outro equipamento com as mesmas características, deixar um kit de reparo rápido, etc.

2.2.2 Manutenção preventiva

Na opinião de Xenos (1998), a manutenção preventiva é um conjunto de ações preventivas que são executadas em datas fixas estabelecidas ou de acordo com critérios pré-determinados, com a função de reduzir ou eliminar a recorrência do mau funcionamento, ou da degradação do equipamento. De maneira sintética, esta manutenção tem como objetivo evitar a manutenção corretiva.

Para Cavalcante e Almeida (2005), a manutenção preventiva tenta antecipar as potenciais falhas que possam vir a ocorrer no equipamento, e, em consonância a isso, os gastos com manutenção também serão reduzidos.

2.2.3 Manutenção preditiva

Mirshawka e Olmedo (1993) entendem que a manutenção preventiva é saber o estado do equipamento que está sendo monitorado, através de medições contínuas ou periódicas, ou ainda por algum parâmetro determinado, visto que, o objetivo da manutenção preditiva é encontrar e intervir em problemas que mais a frente levariam a uma pane do equipamento.

Na visão de Xenos (1998), aplicar a preditiva olhando somente do ponto de vista de custo vai fazer com que esse tipo de manutenção se torne inviável, pelo fato de que as peças serão reformadas ou substituídas antes de falhar. Quando se abordam métodos de manutenção preditiva, é possível observar que esses têm avançado muito com a tecnologia, exigindo até que algumas empresas tenham equipe de engenheiros especializados com seus próprios métodos de acompanhamento dos equipamentos para desenvolver a manutenção. Alguns exemplos de técnicas de manutenção preditiva são o controle de vibração e a análise do óleo lubrificante.

2.2.4 Manutenção detectiva

No dizer de Kardec e Nascif (2002), a manutenção detectiva teve início na literatura por volta da década de 90 e tem como função buscar detectar falhas que estejam escondidas, ou não tão explícitas, para a equipe de manutenção e operadores do equipamento. Um exemplo deste tipo de manutenção seria efetuar um teste de funcionamento no sistema de parada de emergência de um determinado equipamento. Ainda conforme o autor, fazer a detecção da falha oculta é de suma importância para garantir a confiabilidade do equipamento.

2.3 ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO

Conforme Viana (2002), a estratégia de manutenção, de forma sucinta, é a determinação de como será abordada a manutenção de um equipamento, sendo que existe uma área muito mais ampla que somente fazer a escolha de como serão feitas as manutenções em determinada máquina. Para que essas escolhas sejam feitas, o autor citado leva em consideração as recomendações do fabricante, a segurança do trabalho e meio ambiente, além das características do equipamento e do fator econômico.

De acordo com Kardec e Nascif (2002), a organização da manutenção tem dois conceitos: solucionar problemas na produção da empresa, tornando-a mais competitiva no mercado; e entregar soluções sempre buscando maximizar os resultados, transformando em uma atividade de igual importância à das outras que a empresa desenvolve.

2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Para Kardec e Nascif (2002), a engenharia de manutenção é uma quebra de padrão dentro da manutenção, porque significa implantar técnicas modernas. Essa é a área que dá o embasamento técnico para a manutenção, pelo fato de consolidar uma rotina e implantar melhorias. Sendo assim, algumas atribuições que podem ser dadas à engenharia de manutenção são elaborar plano de manutenção, acompanhar indicadores, zelar pela documentação técnica, acabar com problemas crônicos e aumentar a disponibilidade.

2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

De acordo com Ferreira (2009), no final da década de 60 e início da década de 70, o conceito de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) começou a se desenvolver a partir da análise da manutenção do transporte aéreo. Já no ano de 1978, foram feitas a documentação e a publicação dos conceitos e da aplicabilidade da MCC.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a MCC pode ser conceituada como um conjunto de métodos e procedimentos de engenharia cujo objetivo é garantir o funcionamento e a função para qual o equipamento foi projetado.

Conforme Viana (2002), a manutenção centrada em confiabilidade trata de entender as mais variadas formas como algum componente pode vir a falhar, logo, o objetivo se torna buscar atitudes que evitem essas falhas. A MCC acaba se tornando uma importante ferramenta para auxiliar em tomadas de decisão gerenciais.

Na opinião de Siqueira (2014), a MCC é uma manutenção diferente da tradicional justamente porque a tradicional propõe aplicar a correção da falha somente após a desativação do equipamento. A Tabela 2 abaixo mostra mais claramente esta e outras diferenças entre manutenção tradicional e manutenção centrada em confiabilidade, pontuando e comparando as características de cada uma delas.

Tabela 2 - Diferença da manutenção tradicional e MCC

Característica	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do equipamento	Conseqüências das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Fonte: Siqueira, 2014.

Para Siqueira (2014), ao ser feita a implementação da MCC, é importante seguir uma metodologia formada por sete passos, que são:

Passo 1: Seleção do Sistema e Coleta de Informações;

Passo 2: Análise de Modos de Falha e Efeitos;

Passo 3: Seleção de Funções Significantes;

Passo 4: Seleção de Atividades Aplicáveis;

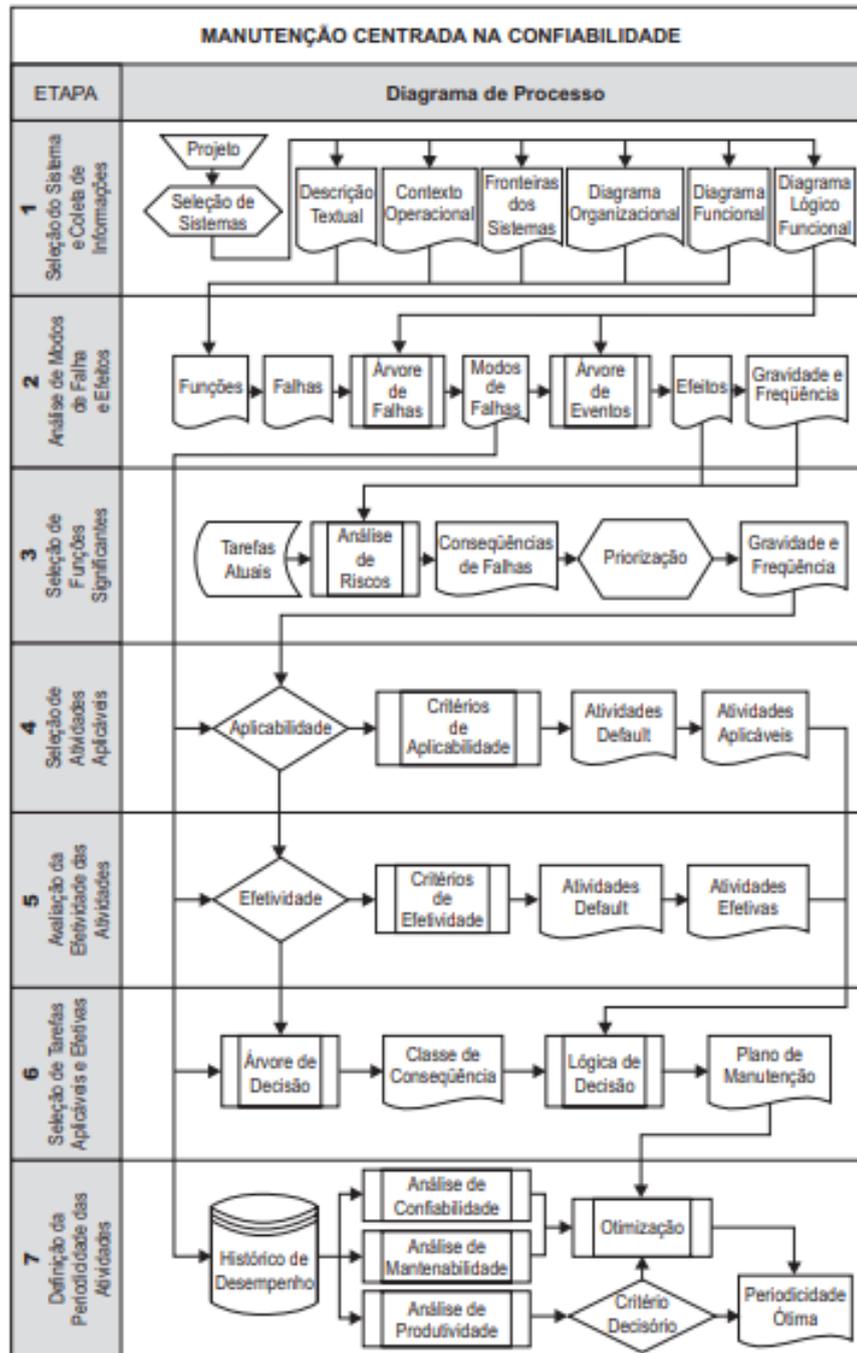
Passo 5: Avaliação da Efetividade das Atividades;

Passo 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;

Passo 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

A Figura 1 mostra um diagrama que destrincha e facilita um maior entendimento destas setes etapas que devem ser seguidas para implantar a MCC.

Figura 1 - Diagrama implantação MCC



Fonte: Siqueira, 2014.

De acordo Moubray (1997), a implantação correta da MCC irá gerar uma redução em média de 40% a 70% na programação de manutenções. Como consequência, acaba beneficiando a logística, a segurança e a administração das organizações.

2.5.1 Plano de manutenção

Como caracteriza Xenos (1998), o plano de manutenção é um aglomerado de intervenções preventivas que têm determinadas datas para ocorrer. É basicamente um calendário de manutenções preventivas que devem ser executadas.

De acordo com Viana (2002), o plano de manutenção deve conter o passo a passo da estratégia de manutenção que foi escolhida pela empresa, com o objetivo de orientar a aplicação da manutenção preventiva.

2.5.2 Confiabilidade da manutenção

Conforme a NBR 5462 (ABNT, 1994), a confiabilidade é o potencial que um determinado item possui para desempenhar a função para a qual foi projetado, em uma condição específica, por um determinado tempo. A confiabilidade é a probabilidade de um equipamento não falhar em determinada condição operacional. “Por ser uma probabilidade, a confiabilidade é uma medida numérica que varia entre 0 e 1 (ou 0 e 100%).” (KARDEC; NASCIF, 2002, p. 107).

2.5.3 Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA)

Segundo Soeiro, Olivio e Lucato (2017), a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma ferramenta da manutenção que tem como objetivo encontrar e eliminar as falhas que podem vir a acontecer ou que já são conhecidas em um âmbito de processos produtivos. Para que se tenha o máximo de desempenho desta ferramenta, a aplicação deve ser feita por equipes de trabalho e não individualmente. Sendo assim, quanto mais experiente for a equipe, melhor será o resultado de informações geradas por meio do formulário de análise do FMEA.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), o FMEA é uma estratégia de confiabilidade a qual deve desenvolver três funções, que são: localizar e estimar possíveis falhas de algum produto ou processo; desenvolver intervenções para reduzir ou eliminar as falhas; e documentar a utilização da ferramenta, para criar um acervo de soluções criadas, visando a auxiliar em futuros problemas ou novos projetos.

2.5.3.1 Índice de risco (IR)

Para Viana (2002), o índice de risco tem como função hierarquizar as falhas, em outras palavras, definir a criticidade de cada item escolhido, sendo assim, o

índice é formado pelo produto da gravidade (IG), ocorrência (IO) e detecção (ID). A Tabela 3 abaixo mostra a sugestão de classificação e a equação para encontrar o IR.

Tabela 3 - Classificação do IR

Índices	Valores Normalizados
Índice de Ocorrência	Probabilidade de Ocorrência Muito Remota (excepcional) = 1 Muito Pequena = 2 Pequena = 3 Moderada = 4 – 5 – 6 Alta (frequente) = 7 – 8 Muito Alta (inevitável) = 9 – 10
Índice de Gravidade	Sem Conseqüência = 1 Leve Conseqüência = 2 Média Conseqüência = 3 Parada de subsistema por menos de quatro horas = 4 Parada de subsistema por mais de quatro horas = 5
Índice de Detecção	Facilmente detectada = 1 Razoavelmente detectada = 2 Dificilmente detectada = 3 Muito dificilmente detectada = 4 Impossível de ser detectada = 5
Índice de Risco	$IR = IG \times IO \times ID$

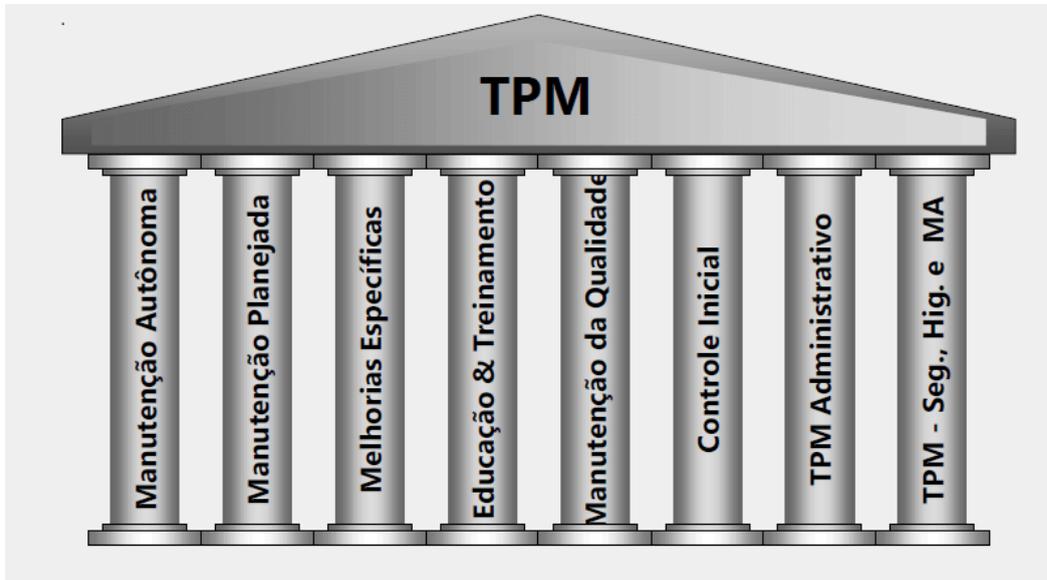
Fonte: Viana, 2002.

2.6 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A manutenção produtiva total, segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), foi criada no Japão, sendo uma evolução orgânica da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (pró-ativa). A TPM considera que o operador do equipamento é a pessoa que mais possui conhecimento sobre o equipamento e suas particularidades, deste modo, os operadores são as melhores pessoas para efetuar reparos, objetivando melhorar a qualidade e a produtividade do equipamento. Um dos diferenciais da TPM em relação às outras filosofias de manutenção é a ação de incluir o operador na manutenção da máquina que ele opera.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a TPM pode ser representada por uma casa que possui 8 pilares. Este conjunto forma a Manutenção Produtiva Total, que tem como objetivo atingir uma maior eficiência produtiva dentro da empresa. A figura 2 ilustra os 8 pilares da TPM.

Figura 2 - Pilares da TPM



Fonte: Coutinho, 2019.

Cita-se de modo sucinto, cada um dos pilares, conforme Kardec e Nascif (2009):

1. Manutenção autônoma: Busca dar liberdade de ação ao operador, para executar manutenções no equipamento.
2. Manutenção planejada: Existir um planejamento e controle para a manutenção.
3. Melhorias específicas: Desenvolver melhorias no equipamento ou sistema, com objetivo de reduzir problemas e melhorar desempenho.
4. Educação e treinamento: Tem como objetivo melhorar o conhecimento técnico da manutenção e dos operadores.
5. Manutenção da qualidade: Aplicação de um programa de zero defeitos.
6. Controle inicial: Evitar falhas no começo de um novo projeto, implantar sistemas de monitoramento.
7. TPM administrativo: Busca implantar o TPM no setor administrativo para gerar um aumento de eficiência.
8. Segurança, higiene e meio ambiente: Estabelecer um sistema que preserve a saúde dos colaboradores, higiene do ambiente de trabalho e cuidado ao meio ambiente.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritas as metodologias que foram utilizadas para a coleta de dados, bem como a caracterização da pesquisa, a delimitação da mesma e a estratégia, baseada na revisão literária, para desenvolver o plano de manutenção criado.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à área do conhecimento, conforme as definições do CNPq (2020), este trabalho se situa na grande área das engenharias, dentro da subárea Mecânica, no ramo de projeto de máquinas, especificamente na área de preservação de sistemas mecânicos.

Quanto à finalidade, o trabalho classifica-se como sendo uma pesquisa aplicada, uma vez que, conforme Gil (2010), o tipo de pesquisa assim denominado busca a “[a]quisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p. 27). O conhecimento agregado durante o desenvolvimento da pesquisa será utilizado para desenvolver um plano de manutenção.

Quanto aos métodos empregados, classifica-se esta pesquisa, ainda conforme a subdivisão estabelecida por Gil (2010), referente à natureza dos dados, como uma pesquisa quantitativa, uma vez que nos interessa as quantidades que serão medidas. Quanto ao ambiente em que os dados serão coletados, o trabalho será de campo, pois esta coleta se dará no próprio local onde ocorrem os eventos para os quais se buscam respostas. As observações e coletas de dados do equipamento ocorrerão no pátio da empresa. Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa não-experimental, a qual é conceituada como quando “o pesquisador analisa as informações provenientes de um determinado efeito provocado por um ambiente foco de observação” (GIL, 2010, p. 28), pois se contará com observação do equipamento e diálogo com o operador para entender as principais falhas do equipamento.

Quanto aos objetivos, enquadra-se esta pesquisa dentro do tipo denominado pesquisa descritiva, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo da “maioria das que são realizadas com objetivos profissionais” (GIL, 2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este trabalho, uma vez que, ao obter o

conhecimento da pesquisa, junto com a coleta de informações da retroescavadeira, será possível elaborar um plano de manutenção para o equipamento. Ainda dentro desta subdivisão, a coleta de dados se dará através de pesquisa bibliográfica, que é descrita por Martins Junior (2008) como o tipo em que “o pesquisador somente utiliza publicações impressas ou eletrônicas” (MARTINS JUNIOR, 2008, p. 59).

3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa limitou-se a desenvolver um plano de manutenção, baseado na literatura de manutenção industrial, para ser aplicado em uma retroescavadeira da marca Case, modelo 580L, ano 2001, sendo esta de uma empresa privada que se localiza na cidade de Gravataí/RS.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Com o intuito de desenvolver um plano de manutenção eficaz, se fez necessário dialogar com o operador da máquina, por ele conhecer as individualidades do equipamento.

Por não haver um histórico de manutenção, as informações de funcionamento do equipamento foram coletadas com o operador, são elas: como são executadas as manutenções, qual o tipo de organização é utilizada na manutenção e se é feito algum tipo de inspeção na máquina para evitar manutenção emergencial.

3.3.1 Utilização do FMEA

O FMEA foi utilizado por se tratar de um método com potencial de identificar falhas que podem vir a acontecer, e as consequências que essas geram. As informações obtidas a partir da planilha FMEA, foram indispensáveis para o desenvolvimento deste plano de manutenção, visto que esta é uma ferramenta confiável para apoiar a tomada de decisões.

Visando demonstrar a existência e validação da ferramenta FMEA, Clarimundo et al. (2022) aplicou o método em uma máquina de sopro com o objetivo de fornecer uma proposta de ações e de melhorias para o equipamento. Para utilizar a ferramenta, neste caso, foi feita uma coleta de informações no histórico da máquina, buscando entender em qual componente ocorre mais falha para se criar a FMEA em cima deste componente. A FMEA se mostrou eficiente na classificação

das falhas que a válvula do soprador gerava na máquina, servindo também como base para propor um plano de manutenção preventivo, sistematizar a organização de processos e desenvolver treinamentos com o objetivo de tornar os operadores mais qualificados.

3.4 VALIDAÇÃO DA TPM

A metodologia de manutenção produtiva total se encaixa muito bem nas particularidades da empresa e do equipamento deste estudo, se mostrando uma ferramenta de apoio muito relevante. Para validar a eficácia da TPM, buscou-se na literatura aplicações de sucesso desta estratégia em outras empresas.

De acordo com Resende e Dias (2014), com a implantação da TPM na empresa Bosch Termotecnologia S.A foram aplicadas as seguintes medidas: preparação e coordenação os planos de manutenção utilizando datas definidas, melhoria do processo de manutenção preventiva, desenvolvimento de uma maior responsabilidade nos operadores, diminuição de trabalhos desnecessários, entre outros. O resultado obtido foi uma melhora significativa nos indicadores de tempo médio entre falhas e tempo médio para reparos, mostrando a eficácia da TPM.

A aplicação da metodologia TPM em uma fábrica de equipamentos odontológicos e médicos, conforme Araújo et al. (2020), conseguiu reduzir consideravelmente o indicador de paradas por manutenção corretiva dos equipamentos no setor de estamperia e pintura da empresa. Esse resultado foi obtido a partir de algumas mudanças tomadas com base na TPM, como: reunião com os operadores para explicar o novo projeto de manutenção, elaboração de um manual de inspeção, lubrificação, limpeza e a implementação de etiquetas que identificam as anomalias dos equipamentos. Deste modo, a TPM se comprovou uma ferramenta relevante e eficiente no âmbito da manutenção.

3.5 ESTRATÉGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção tem como objetivo desenvolver uma série de medidas preventivas que garantam a segurança, o bom funcionamento e a conservação do equipamento. Associando a MCC, a TPM e a planilha FMEA e as informações do catálogo de manutenções disponibilizado pelo fabricante da retroescavadeira se elaborou um plano de manutenção, levando em consideração o atual estado da máquina e os recursos financeiros da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo descreve o resultado desta pesquisa e as etapas para chegar a ele, considerando que este trabalho objetiva entregar uma proposta de plano de manutenção, utilizando as algumas ferramentas e metodologias disponíveis na literatura, além de informações do equipamento estudado. A Figura 3 mostra um fluxograma das tarefas desenvolvidas.

Figura 3 - Fluxograma etapas da pesquisa



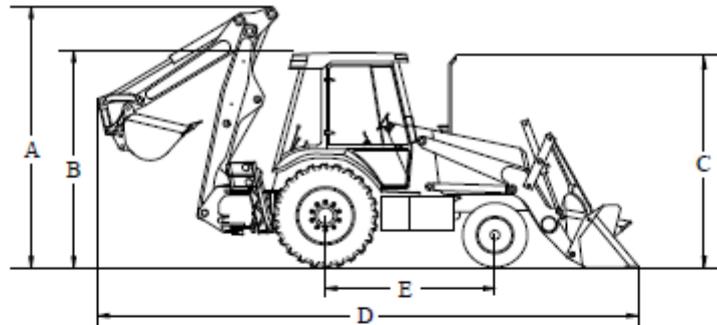
Fonte: Autor, 2022.

4.1 EQUIPAMENTO ESTUDADO

A máquina estudada nesta pesquisa trata-se de uma retroescavadeira da marca CASE modelo 580L série 2, fabricada no ano 2001, que trabalha de 2 a 8 horas por dia aproximadamente, de segunda-feira a sexta-feira. Este equipamento possui a característica de levantar o braço extensível, que, completamente estendido, tem até 6.966 mm, com uma profundidade de escavação de 5.570 mm, sendo este um equipamento voltado para desenvolver serviços pesados. Vale ressaltar que esta máquina possui o ano de fabricação avançado (21 anos na época da pesquisa) fazendo com que algumas peças tenham uma fragilidade maior,

necessitando de cuidado e manutenção preventiva. A Figura 4 mostra as dimensões básicas do equipamento.

Figura 4 - Dimensões retroescavadeira



BT95J025

A. Altura total - retroescavadeira em posição de TRANSPORTE (braço standard)		
	Tração em 2 rodas	Tração em 4 rodas
Pneus de 19,5L x 24	3.419 mm (11 ft 3 in)	3.413 mm (11 ft 2 in)
B. Altura até a parte superior da ROPS		
Pneus de 19,5L x 24	2.671 mm (8 ft 9 in)	2.669 mm (8 ft 9 in)
Pneus de 17,5L x 24	2.651 mm (8 ft 8 in)	2.649 mm (8 ft 8 in)
B. Altura até a parte superior da cabine da ROPS		
Pneus de 19,5L x 24	2.721 mm (8 ft 11 in)	2.719 mm (8 ft 11 in)
Pneus de 17,5L x 24	2.675 mm (8 ft 9 in)	2.672 mm (8 ft 9 in)
C. Altura até a parte superior do escape		
Pneus de 19,5L x 24	2.638 mm (8 ft 8 in)	2.628 mm (8 ft 8 in)
Pneus de 17,5L x 24 Tires.....	2.590 mm (8 ft 6 in)	2.587 mm (8 ft 6 in)
D. Comprimento total - retroescavadeira em posição de TRANSPORTE		
Caçamba standard		7.009 mm (23 ft)
Caçamba 4-em-1		6.990 mm (22 ft 10 in)
E. Distância entre eixos		
Tração em 2 rodas		2.134 mm (84 in)
Tração nas 4 rodas		2.146 mm (84.5 in)
Largura acima dos pneus - Bitola		
Pneus de 11L x 16		2.015mm (79 in)
Pneus de 12 x 16.5		2.060 mm (81 in)
Pneus de 19.5L x 24		2.067 mm (81 in)
Pneus de 17.5L x 24		2.074 mm (82 in)
Vão livre do solo na estrutura da retroescavadeira.....		376 mm (14,8 in)

Fonte: Case, 2001.

As especificações do motor da retroescavadeira são mostradas na Figura 5.

Figura 5 - Especificações do motor

Tipo e modelo	Case 4T-390
Ordem de ignição	1-3-4-2
Admissão de ar	Turbocompressor
Diâmetro interno do cilindro e curso do pistão	102 x 120 mm (4.02 x 4.72 in)
Deslocamento	3,92 litros (239 cu in)
Taxa de compressão	17,5 : 1
Combustível.....	Diesel nº 2, ver página 160
Potência – nominal	
SAE líquido	64,0 kW @ 2.200 r/min (86 hp @ 2.200 rpm)
SAE bruto	68,0 kW @ 2.200 r/min (91 hp @ 2.200 rpm)
Rotação do motor	
Rotação máxima – sem carga	2.325 a 2.425 rpm
Rotação máxima – carga total	2.200 rpm
Rotação de marcha lenta	900 a 975 rpm
Rotação em Stall da pá-carregadeira	2.150 a 2.390 rpm
Rotação em Stall do conversor de torque	2.030 a 2.250 rpm
Rotação em Stall combinado	1.480 a 1.650 rpm
Folga das válvulas – motor frio	
Válvulas de admissão.....	0,254 mm (0.010 in)
Válvulas de escape	0,508 mm (0.020 in)

Fonte: Case, 2001.

Na Figura 6 pode ser vista a retroescavadeira no seu estado atual de conservação.

Figura 6 - Retroescavadeira Case 580L



Fonte: Autor, 2022.

4.2 ITENS E VERIFICAÇÕES DE RELEVÂNCIA

Para desenvolver um plano de manutenção, geralmente, se busca informações no histórico de manutenção do equipamento, porém, neste caso, a empresa não possui nenhum histórico, então, se fez necessário conversar com o operador da máquina para conseguir as informações de manutenções específicas da máquina.

O objetivo desta conversa foi entender quais peças do equipamento mais geram manutenção, onde estão as maiores fragilidades da máquina, como é feita a manutenção, quem a desenvolve e se possui alguma programação de revisão. Esta troca de informação foi importante para juntar com as recomendações do fabricante e assim desenvolver um plano de manutenção mais eficaz.

4.2.1 Organização dos itens e verificações relevantes

Após a pesquisa no manual do fabricante e a coleta de informações com o operador do equipamento, foi desenvolvida uma lista (Apêndice A) em que estão as principais verificações e itens a serem observados no equipamento em uma rotina diária. Considerando que uma verificação diária precisa ser rápida e ágil para que não tome muito tempo, a prioridade foi colocar itens essenciais para o funcionamento da máquina, mas com a possibilidade de verificação visual, sem a necessidade de desmontar ou retirar peças.

4.3 APLICAÇÃO DA FMEA

Nesta etapa do trabalho será mostrado como foi desenvolvido a planilha FMEA (Apêndice B) e quais foram os critérios utilizados.

4.3.1 Escolha dos itens

Para desenvolver a planilha FMEA foi selecionado somente os itens que compõem a lista (Apêndice A), por serem peças importantes para o funcionamento da máquina, tendo em vista que esta lista foi desenvolvida com base nas informações fornecidas pelo operador da máquina, que também possui a função de desenvolver a manutenção, e nas informações retiradas no manual do fabricante.

4.3.2 Classificação índice de risco (IR)

O índice de risco leva em conta três critérios para auxiliar na priorização das ações do FMEA. Os critérios serão desenvolvidos a seguir.

A ocorrência busca classificar qual a chance de um componente falhar. A ocorrência será classificada com uma pontuação que varia entre 1 e 10, sendo 1 para uma chance muito remota de acontecer a falha, e 10 para uma probabilidade muito alta de acontecer a falha, a Tabela 4 demonstra esta classificação.

Tabela 4 - Ocorrência

TABELA DE OCORRÊNCIAS		
Probabilidade de falha	Taxa de falhas possíveis	Índice de ocorrência
Muito alta	>= 1 em 10	10
	1 em 20	9
Alta	1 em 50	8
	1 em 100	7
Moderada	1 em 200	6
	1 em 500	5
Baixa	1 em 1000	4
	1 em 10000	3
Remota	1 em 20000	2
	1 em 1000000	1

Fonte: Sander, 2019.

O critério de gravidade tem o objetivo de classificar o quão grave é a falha, será utilizado a classificação de pontuação de 1 a 10 sendo 10 para o efeito da falha ser muito grave ao ponto de ocorrer algum acidente, e 1 para falha que não gera nenhum efeito perceptível. A Tabela 5 abaixo descreve os critérios de avaliação da gravidade.

Tabela 5 - Gravidade

TABELA DE GRAVIDADE		
Efeito	Crítérios	Classificação
Falha em atender itens de segurança ou itens regulatórios	Modo de falha potencial afeta aplicação do produto e envolve não conformidade com regulamentação gov., sem aviso prévio	10
	Modo de falha potencial afeta aplicação do produto e envolve não conformidade com regulamentação gov., com aviso prévio	9
Perda ou degradação de função primária	Perda de função primária (não atende ao requisito principal, porém não afeta a segurança do usuário)	8
	Perda de função primária (não atende ao requisito principal, porém com um nível reduzido de desempenho)	7
Perda ou degradação de função secundária	Perda de função secundária (deficiência de grande percepção ao usuário)	6
	Perda de função secundária (deficiência de leve percepção ao usuário)	5
Incômodo	Problemas de aparência, ruído audível, característica não conforme. Alta percepção.	4
	Problemas de aparência, ruído audível, característica não conforme. Média percepção.	3
	Problemas de aparência, ruído audível, característica não conforme. Baixa percepção.	2
Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível	1

Fonte: Sander, 2019.

A detecção possui a função de mensurar o quão fácil é detectar algum tipo de falha no equipamento. Nesta classificação, a detecção terá uma escala de pontuação de 1 a 10, sendo 10 para as situações que não se consegue detectar a falha e 1 para as situações de extrema facilidade de detecção da falha. A tabela 6 demonstra o critério de cada pontuação.

Tabela 6 - Detecção

TABELA DE DETECÇÃO	
Probabilidade de detecção	Classif.
Praticamente impossível	10
Muito remota	9
Remota	8
Muito baixa	7
Baixa	6
Moderada	5
Moderadamente Alta	4
Alta	3
Muito Alta	2
Praticamente Certa	1

Fonte: Sander, 2019.

Após classificar os critérios de cada item, a próxima etapa é calcular o IR, o qual se dá pela multiplicação dos valores que foram dados aos critérios (IO x IG x ID).

A ferramenta IR foi utilizada para classificar os itens que necessitam de uma maior prioridade e atenção, sendo assim, conforme Kardec e Nascif (2009), recomenda-se que o IR de 1 a 50 seja classificado como baixo, de 50 a 100 como médio, de 100 a 200 como alto e de 200 a 1000 como muito alto. Levando em consideração a classificação recomendada pelos autores e as particularidades do equipamento, determinou-se que os itens com IR maior ou igual a 50 possuem maior relevância, e devem receber um maior cuidado, desse modo, eles devem ser incluídos na planilha de verificação diária. A planilha (Apêndice B) demonstra detalhadamente o resultado do IR de cada item avaliado.

4.4 CARACTERÍSTICAS DA TPM

O plano de manutenção desenvolvido neste trabalho buscou utilizar alguns dos pilares da manutenção produtiva total com o objetivo de criar uma estratégia de manutenção confiável e eficaz.

A manutenção autônoma é um pilar que busca a capacidade do operador em realizar reparos, esta característica é encontrada neste plano de manutenção porque o operador da retroescavadeira é responsável pelas manutenções da máquina.

A manutenção planejada é um dos aspectos da TPM encontrado nas manutenções preventivas, recomendadas pelo fabricante, que podem ser elaboradas junto com as possíveis manutenções diárias. A planilha de verificação diária objetiva a manutenção de rotinas que garantam a qualidade do equipamento.

A segurança, a saúde e o meio ambiente também constituem a manutenção produtiva total, e foram incluídos no plano de manutenção criado neste trabalho, com o objetivo de tornar o equipamento mais seguro e para preservar a saúde e a segurança do operador.

A TPM administrativa se enquadra na organização e no arquivamento dos documentos gerados pela manutenção - realizado pelo administrativo da empresa, como por exemplo, lançamento das OS, organização dos registros das manutenções preventivas e da inspeção diária, entre outros.

A existência destes pilares da TPM no plano de manutenção criado demonstra que a estratégia trará melhorias significativas para o funcionamento da retroescavadeira, conforme também foi demonstrado em outras empresas no capítulo anterior.

4.5 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

A planilha FMEA, ajudou a identificar quais itens possuem uma maior probabilidade de falha, como essas falhas ocorrem e de que maneira elas impactam no funcionamento do equipamento. Deste modo, com o objetivo de agregar mais qualidade ao plano de manutenção, foi feita a classificação do índice de risco de cada item para determinar a atenção e a prioridade necessárias a cada componente da máquina.

4.5.1 Modelo de manutenção

O plano de manutenção desenvolvido tem como intuito transformar as manutenções, que atualmente ocorrem como emergenciais, em manutenções preventivas. Para isso, será utilizada a planilha de verificação diária e as recomendações do fabricante que utiliza.

4.5.2 Planilha de verificação diária

Esta planilha é formada pelas verificações diárias e pelos itens que foram classificados como críticos ($IR \geq 50$) (Apêndice C). O foco principal desta verificação é evitar as falhas de acontecerem, apesar de compreender que em alguns itens da lista só será possível observar a falha após o ocorrido, como, por exemplo, a quebra de um retrovisor. Ainda sim, a verificação diária será de grande valia, pois, poderá evitar paradas durante a execução do serviço e multas durante o deslocamento da máquina até o local do serviço, por exemplo.

4.5.3 Manutenções recomenda pelo fabricante

O plano de manutenção do fabricante é dividido em horas de funcionamento, sendo assim, a cada 10, 50, 100, 250, 500, 1000 e 2000 horas deve ser feita a manutenção preventiva recomendada, é possível observar cada parada do fabricante no Anexo A até o Anexo E.

A realização dessas manutenções são feitas no pátio da empresa pelo operador da máquina, que, neste caso, possui uma grande experiência com a mecânica do equipamento. Desta maneira, ele detém das habilidades necessárias para executar as manutenções que o fabricante recomenda, não existindo a necessidade de levar a máquina a um mecânico especializado.

Para tornar mais organizadas as manutenções, gerar um histórico de manutenção e evitar a aplicação de produtos errados no equipamento, foi desenvolvida uma nova tabela para cada parada recomendada pelo fabricante, baseada no manual.

A nova planilha indica a manutenção que deve ser feita, qual a peça ou material correto para efetuar a manutenção, além de possuir um campo para confirmar se a manutenção foi executada ou não e um espaço para inserir alguma observação importante.

A seguir é possível observar na Tabela 7 a nova organização desenvolvida para manutenção e lubrificação recomendadas pelo fabricante após 10h de funcionamento.

Tabela 7 - Nova tabela manutenções preventiva de 10(h)

TABELA MANUTENÇÃO 10(h)			
Veículo:	RETROESCAVADORA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:		Executor:	
Horímetro atual:		Próxima revisão de 10(h):	
Lubrificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Pivô da carregadeira	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-45	SIM() NÃO()	
Pivô da retroescavadeira	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-46	SIM() NÃO()	
Pivô eixo dianteiro na tração de 2 rodas	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-47	SIM() NÃO()	
Verificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Nível do óleo do motor	Óleo sae 15w40 api cg4/cf-4	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Quando o equipamento faz 50 horas de funcionamento, é necessário efetuar uma manutenção preventiva no mesmo, deste modo, desenvolveu-se uma nova organização para esta manutenção preventiva, baseado nas recomendações do fabricante, podendo ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Nova tabela manutenções preventiva de 50(h)

TABELA MANUTENÇÃO 50(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:		Executor:	
Horímetro atual:		Próxima revisão de 50(h):	
Lubrificação:			
<i>Item</i>	<i>Material recomendado</i>	<i>Executado</i>	<i>Observações</i>
Pino de travamento do acoplador hidráulico	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-45	SIM() NÃO()	
Pivô da caçamba 4 em 1	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-46	SIM() NÃO()	
Eixo da tração 4x4	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-47	SIM() NÃO()	
Eixo de tração do eixo traseiro	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-48	SIM() NÃO()	
Pivô do eixo dianteiro na tração 4x4	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-48	SIM() NÃO()	
Deslizadores do braço extensível	Graxa nº 2 de Dissulfeto de Molibidênio Case 331-58	SIM() NÃO()	
Eixo de tração do eixo traseiro	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-50	SIM() NÃO()	
Verificação:			
<i>Item</i>	<i>Material recomendado</i>	<i>Executado</i>	<i>Observações</i>
Nível do fluido do reservatório hidráulico	Fluido Hidráulico Tipo C3 - Case TCH - Lubrax TAC3 SAE 10W	SIM() NÃO()	
Drenagem:			
<i>Item</i>	<i>Material recomendado</i>	<i>Executado</i>	<i>Observações</i>
Filtro de combustível (água de dreno)	-	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Ao fazer 100 horas de serviço, a nova organização de manutenção preventiva, recomenda executar a seguinte manutenção, descrita na Tabela 9.

Tabela 9 - Nova tabela manutenções preventiva de 100(h)

TABELA MANUTENÇÃO 100(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA:CASE ANO:2001		
Data:		Executor:	
Horímetro atual:		Próxima revisão de 100(h):	
Lubrificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Pedal do extendahoe	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-45	SIM() NÃO()	
Pivô do pedal de giro da retroescavadeira	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-46	SIM() NÃO()	
Limpar:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Silencioso de supressão de fásca	-	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Para a manutenção de 250 horas de funcionamento deve-se verificar os seguintes itens que compõem a Tabela 10.

Tabela 10 - Nova tabela manutenções preventiva de 250(h)

TABELA MANUTENÇÃO 250(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:			Executor:
Horímetro atual:			Próxima revisão de 250(h):
Lubrificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Deslizadores do assento e montate	Graxa EP2 a base de Sabão de Lítio Case 331-45	SIM() NÃO()	
Verificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Tensão da correia de transmissão	-	SIM() NÃO()	
Nível do óleo do eixo dianteiro	Óleo de engrenagem SAE 85W 140 EP API-GL5 Lubrax TRM-5	SIM() NÃO()	
Nível do óleo do eixo traseiro	Mobil Fluid 424	SIM() NÃO()	
Nível do fluido de refrigeração do radiador	50% de água e 50% de etileno glicol	SIM() NÃO()	
Nível do óleo da transmissão	Óleo de engrenagem Shell Donax TA/TG ou ELFMATIC G-3	SIM() NÃO()	
Estado e calibragem do pneu	Medidor manual de pressão tipo caneta	SIM() NÃO()	
Limpar:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Bateria	-	SIM() NÃO()	
Respiro do eixo dianteiro	-	SIM() NÃO()	
Respiro do eixo traseiro	-	SIM() NÃO()	
Trocar/Substituir:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Óleo do motor	Óleo sae 15w40 api cg4/cf-4	SIM() NÃO()	
Filtro de óleo do motor	Mesma numeração do utilizado ou que seja equivalente	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

A Tabela 11 demonstra como ficou a nova organização das manutenções preventivas que o fabricante recomenda, quando o equipamento faz 500 horas de funcionamento.

Tabela 11 - Nova tabela manutenções preventiva de 500(h)

TABELA MANUTENÇÃO 500(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:			Executor:
Horímetro atual:			Próxima revisão de 500(h):
Verificação:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Capota rops	-	SIM() NÃO()	
Trocar/Substituir:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Filtro de combustível (principal e filtro de linha)	Utilizar a referencia do atual ou outra marca equivalente	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Ao atingir 1000 horas de funcionamento do maquinário, é necessário efetuar a limpeza, troca, verificação e substituição dos seguintes itens da Tabela 12.

Tabela 12 - Nova tabela manutenções preventiva de 1000(h)

TABELA MANUTENÇÃO 1000(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:			Executor:
Horímetro atual:			Próxima revisão de 1000(h):
Trocar/Substituir:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Fluido hidráulico	Fluido Hidráulico Tipo C3 - Case TCH - Lubrax TAC3 SAE 10W	SIM() NÃO()	
Óleo do eixo traseiro	Mobil Fluid 424	SIM() NÃO()	
Filtro e fluido da transmissão	Shell Donax TA/TG ou ELFMATIC G-3	SIM() NÃO()	
Óleo do eixo dianteiro	SAE 85W 140 EP API-GL5 Lubrax TRM-5	SIM() NÃO()	
Filtro hidráulico	Utilizar a referencia do atual ou outra marca equivalente	SIM() NÃO()	
Filtro do ar do motor	Utilizar a referencia do atual ou outra marca equivalente	SIM() NÃO()	
Verificar:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Nível do fluido da bateria	Água desmineralizada ou ácido	SIM() NÃO()	
Folgas da válvulas do motor	-	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Por fim, quando o equipamento atinge 2000 horas de trabalho é indicado que seja feita a manutenção preventiva indicada na Tabela 13.

Tabela 13 - Nova tabela manutenções preventiva de 2000(h)

TABELA MANUTENÇÃO 2000(h)			
Veículo:	RETROESCAVADEIRA MODELO: 580L MARCA: CASE ANO: 2001		
Data:		Executor:	
Horímetro atual:		Próxima revisão de 2000(h):	
Trocar/Substituir:			
Item	Material recomendado	Executado	Observações
Líquido do arrefecimento do motor	50% de água e 50% de etileno glicol	SIM() NÃO()	

Fonte: Autor, 2022.

Com o objetivo de evitar o esquecimento das manutenções baseadas no Horímetro da máquina, foi criado um adesivo a ser colado no pára-brisa da retroescavadeira. A Figura 7 demonstra o modelo de adesivo criado, este deve ser renovado e preenchido a caneta, toda vez que for efetuada a manutenção.

Figura 7 - Adesivo de manutenção

MANUTENÇÃO DE _____(h)

ÚLTIMA MANUTENÇÃO(h): _____

EXECUTOR: _____

DATA: _____

PRÓXIMA MANUTENÇÃO(h): _____

Fonte: Autor, 2022.

4.5.4 Ordem de serviço (OS)

Desenvolveu-se uma ordem de serviço a ser utilizada nas requisições de manutenção. A OS traz o benefício de registrar as manutenções de forma mais detalhada, além de ajudar na organização e na padronização das informações de manutenção (Apêndice D). A OS é preenchida manualmente pelo operador e virtualmente pelo administrativo.

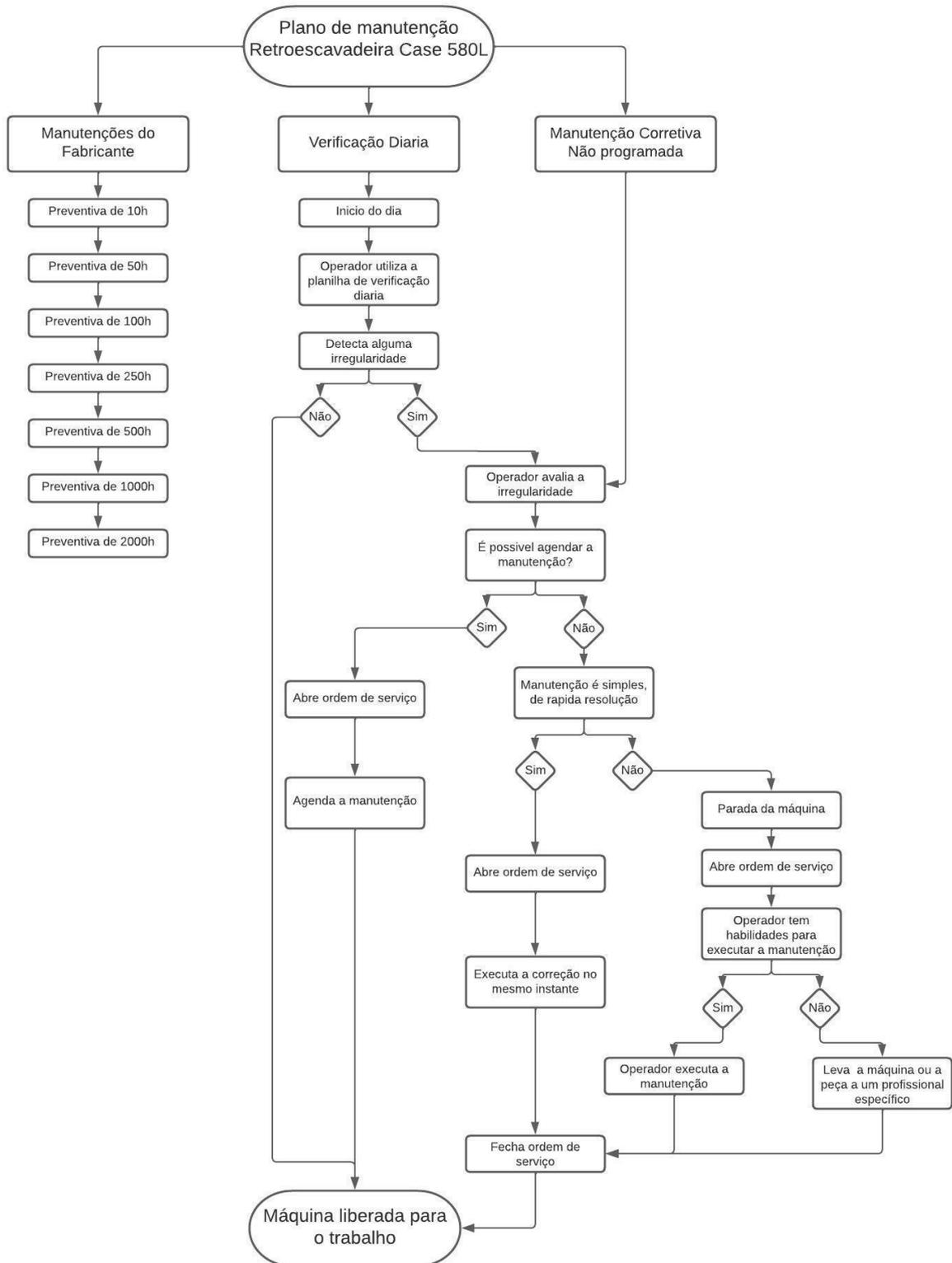
4.5.5 Registros de manutenções

Visando desenvolver um plano de manutenção organizado, criou-se uma planilha para registrar e organizar as ordens de serviço de modo mais sucinto. Este registro de manutenção (Apêndice E) é um espelho mais simplificado da OS gerada, o objetivo é ter uma visão geral e simplificada das manutenções executadas. A planilha é preenchida virtualmente, para que seja possível fazer uma comunicação direta com as OS's geradas, tornando mais fácil localizar e visualizar, de modo geral, as OS's que foram geradas.

4.5.6 Nova estrutura de manutenção

Após o estudo de métodos e organizações de manutenção, com o objetivo de evitar ao máximo as manutenções emergenciais, a estrutura do plano de manutenção ficou organizada como mostra a Figura 8.

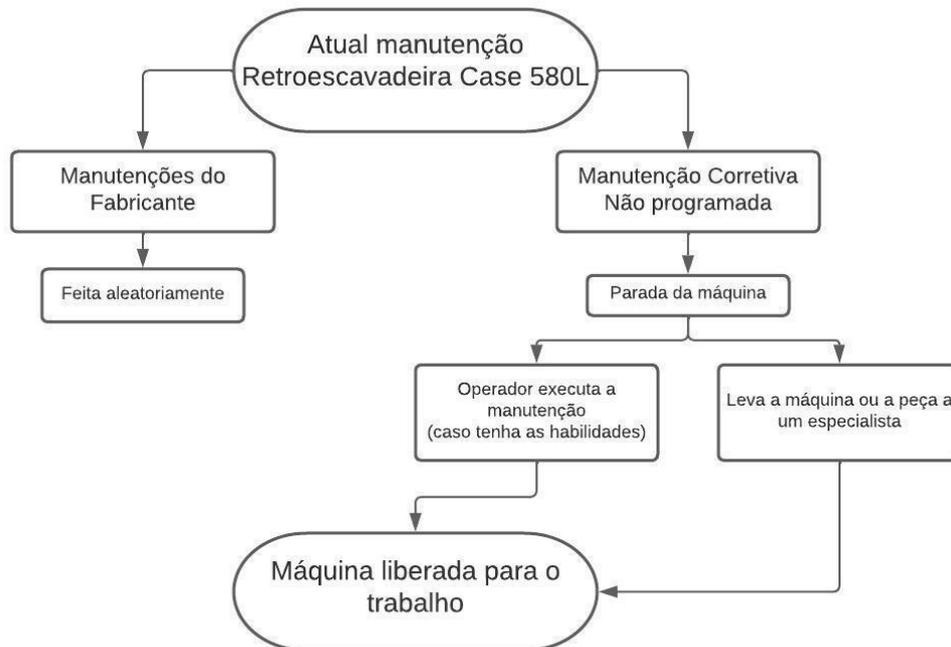
Figura 8 - Estrutura do plano de manutenção



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 9 ilustra como é feito atualmente a manutenção da retroscavadeira.

Figura 9 - Estrutura da manutenção atual



Fonte: Autor, 2022.

Ao comparar as duas estruturas de manutenção é possível observar a falta de organização e de registros na estrutura de manutenção atual. A espera da manutenção corretiva, não planejada, é algo que prejudica muito a empresa, começando pelo financeiro, indo até a qualidade do serviço prestado para o cliente. Além disso, a falta de manutenção preventiva, sugerida pelo fabricante, diminui drasticamente a vida útil do equipamento.

Portanto, o plano de manutenção sugerido organiza as manutenções preventivas sugeridas pelo fabricante, cria uma verificação diária (para evitar ao máximo as manutenções corretivas não programadas), desenvolve a planilha FMEA (para analisar as possíveis falhas e recomendar ações para essas), e, por fim, gera um sistema de registro utilizando a ordem de serviço.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em conta o que foi desenvolvido, apresentou-se um plano de manutenção para uma retroescavadeira com o objetivo de evitar as manutenções emergenciais. Este plano de manutenção deve trazer uma melhora significativa no funcionamento do equipamento e na sua produtividade, visto que diminuirá as paradas de manutenção corretiva não programada, ou perdas de desempenho. Também haverá uma correta aplicação de lubrificantes e graxas no equipamento, e, em consonância a esses benefícios, será gerado um histórico de manutenção muito importante, que servirá como base para gerar melhorias futuras.

Desta forma, o plano de manutenção proposto para a retroescavadeira pode ser aderido sem a necessidade de altos investimentos. Deste modo, cada etapa sugerida tem a sua importância e deve ser cumprida para que os resultados esperados possam ser garantidos.

Assim sendo, pode-se sugerir para trabalhos futuros que se utilize este modelo de plano de manutenção para aplicação em outros tipos de equipamentos ou máquinas, adicionando mais ferramentas disponíveis na literatura da manutenção.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Fernando de *et al.* Implementação do pilar de manutenção autônoma em uma fábrica de equipamentos odontológicos e médicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais** [...] Foz do Iguaçu: Enegep, 2020. Disponível em https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_342_1751_39749.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). Áreas do Conhecimento - Engenharias. Brasília, 2020. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/engenharias>. Acesso em: 24 nov. 2022.
- CASE. **Manual Case 580I Série 2 Operador** - Português. [S.l.], 2001.
- CAVALCANTE, Cristiano. A. Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira. Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incerteza. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 2, p. 279-296, ago. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/mPs5rkScXQrCLJzxJZw6TNr/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2022
- CLARIMUNDO, Isabelle Cristina *et al.* Análise e propostas para solução de problemas em uma máquina de sopro: Aplicação análise de modo e efeito de falhas FMEA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 42., 2022, Foz do Iguaçu. **Anais** [...] Foz do Iguaçu: Enegep, 2022. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_385_1907_43718.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.
- COUTINHO, Thiago. Quais são os 8 pilares da TPM (Manutenção Produtiva Total)? In: COUTINHO, Thiago. **Voitto**, [S.l.], 30 jan. 2019. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-pilares-tpm>. Acesso em: 24 nov. 2022.
- FERREIRA, Livia Lima. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção**: um estudo de caso Votorantim Metais. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, p. 60, 2009. Disponível em: https://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2009_1_Livia.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- KARDEC, Alan.; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MARTINS JUNIOR, Joaquim. **Como escrever trabalhos de conclusão de curso**. Petrópolis (RJ): Vozes, 2008.

MIRSHAWKA, Victor; OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção - Combate aos custos da não-eficácia: a vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books, 1993.

MOUBRAY, John. **Reliability-centered maintenance** 2. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

RESENDE, André Alves; DIAS, Lucas Ponsoni. Manutenção produtiva total (TPM): Considerações sobre casos de sucesso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: Enegep, 2014. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_sto_195_105_24987.pdf. Acesso em: 09 nov. 2022.

SANDER, Carlos. FMEA de produto: como fazer e aumentar a confiabilidade. In: **CAE Treinamentos**. Bauru (SP), 22 set. 2020. Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/qualidade/fmea-produto/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da manutenção**. Londrina: Educacional S.A, 2017.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WYREBSK, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total: um modelo adaptado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 124, 1997. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 out. 2022.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998.

APÊNDICE A - Lista de itens e verificações coletada com operador / manual

Lista de itens e verificações coletada com operador / manual
Nível do óleo do motor
Nível do óleo sistema hidráulico
Nível do fluido de refrigeração do motor
Calibragem dos pneus (dianteiros e traseiros)
Verificar se possui algum vazamento nas mangueiras do sistema hidráulico
Verificar se possui mancha de algum fluido onde a maquina se localiza
Verificação das luzes e piscas
Verificação dos dentes da carregadeira e braço extensível
Estado do limpador de para-brisa
Reservatório de agua do limpador de para-brisa
Revisão geral visual dos parafusos da maquina
Verificação das luzes de painel funcionam ao dar partida
Verificação se todas a luzes de painel apagam após a partida
Horímetro de funcionamento do motor esta funcionando
Estado de conservação dos espelhos retrovisores e para-brisa
Fixação e funcionamento do cinto de segurança
Fixação do banco do operador
Funcionamento das alavancas de comando
Funcionamento do braço extensível e concha
Localização do pino de segurança da carregadeira
Funcionamento da buzina
Verificar funcionamento dos freios

APÊNDICE B – Planilha FMEA

PLANILHA FMEA									
(EQUIPAMENTO: RETROESCAVADEIRA CASE, MODELO: 580L SERIE 2)									
Item	Função	Falhas			Ocorrência (O)	Gravidade (G)	Detecção (D)	RN	Ações recomendadas
		Modo	Efeito	Causa					
Mangueiras do sistema hidráulico	Movimentar os braços extensível e concha	Vazamento de óleo	Sistema hidráulico não funciona ou funciona com baixo rendimento.	Rompimento da mangueira	7	10	2	140	Trocar por uma nova mangueira hidráulica.
Luzes e piscas	Iluminar, indicar direção ou sinalizar emergência	Não ilumina o ambiente	Acidentes, multa	Queima das lâmpadas	9	10	2	180	Efetuar a troca das lâmpadas ou caso necessário levar ao eletricitista.
Garras da carregadeira e braço extensível	Perfurar o solo	Perca de desempenho ao cavar o solo	Atraso no serviço	Desgaste do material conforme o tempo	4	7	1	28	Levar a máquina na metalúrgica para efetuar solda de novas garras.
Limpador de para-brisa	Melhorar a visibilidade do operador	Não consegue eliminar a sujeira do para-brisa	Atrapalha para operar a máquina ou dirigir por falta de visibilidade	Limpador ressecado ou desgastado	6	9	2	108	Efetuar a troca do limpador
Reservatório de água do limpador de para-brisa	Armazenar detergente para limpeza do para-brisa	Não consegue eliminar a sujeira do para-brisa	Não consegue operar a máquina ou dirigir por falta de visibilidade	Reservatório furado	1	9	4	36	Trocar por um novo reservatório
Parafusos da máquina	Mantém as peças fixas da máquina	Máquina não funciona, ou funciona com folgas e barulhos	Quebra da máquina, acidentes, perda de peças	Parafuso frouxo, Vibração excessiva da máquina	9	10	3	270	Aplicar reaperto, ou troca do parafuso
Luzes de painel	Indicar funcionamento das peças da máquina	Não consegue saber o estado de funcionamento da máquina	Quebra da máquina	Falha elétrica	4	8	2	64	Verificar fusíveis, caso necessário, levar ao eletricitista.
Horímetro	Marca as horas de funcionamento do motor	Não contabiliza as horas de funcionamento	Perca de controle da manutenção, não consegue marcar as horas de trabalho do equipamento	Rompimento do cabo	2	8	1	16	Efetuar a troca do cabo.
Espelhos retrovisores e para-brisa	Auxilia na visualização da parte traseira da máquina	Não se tem visualização	Acidentes, multa	Quebra do vidro, sujeira	5	10	1	50	Efetuar a troca por retrovisores novos.
Cinto de segurança	Evitar que o motorista seja projetado para fora ou contra o interior da máquina	Não trava o movimento brusco do motorista	Acidentes, multa	Rompimento, falha na trava	1	10	3	30	Verificar a trava do cinto, caso necessário efetuar a troca.

PLANILHA FMEA									
(EQUIPAMENTO: RETROESCAVADEIRA CASE, MODELO: 580L SERIE 2)									
Item	Função	Falhas			Ocorrência (O)	Gravidade (G)	Detecção (D)	RN	Ações recomendadas
		Modo	Efeito	Causa					
Banco do operador	Posiciona o operador	Operador trabalha na posição errada, gera problemas de saúde ao operador	Problemas de saúde para o operador	Quebra, falta de lubrificação	7	9	2	126	Lubrificar, ou caso necessário efetuar reparos nos trilhos ou suporte do banco
Alavancas de comando	Movimentar os braços extensível e concha	Dificuldade de desenvolver movimentos precisos com equipamento	Equipamento não funciona, funciona com baixo rendimento	Folgas, quebra	6	6	2	72	Efetuar limpeza e caso necessário efetuar troca de vedações
Braço extensível e concha	Nivelamento de terreno, carregamento de terras, escavação	Por causa de buracos ou amassados	Baixo rendimento	Corrosão, operação do equipamento de modo errado	4	6	2	48	Desempenar caso esteja desalinhado, ou levar a metalúrgica para retirar corrosões.
Pino de segurança da carregadeira	Manter a concha na altura máxima por tempo indeterminado com segurança	Manter a concha na altura máxima por tempo indeterminado com segurança	Causa acidentes	Quebra, perda da peça	8	10	2	160	Colocar pino novo.
Pneus	Suportar cargas, transferir força de tração e absorver impactos	Atola facilmente a máquina, dificuldade de mobilidade	Perca de desempenho	Furo, vazamento, calibragem errada	9	7	2	126	Calibrar pneu, levar ao borracheiro ou solicitar novos pneus.
Volante	Transmitir o movimento feito pelo motorista para as rodas	Dificuldade de movimentar o equipamento	Perca de desempenho	Falta de lubrificação, folgas	4	4	2	32	Localizar folga no sistema, caso necessário levar ao mecânico.
Cilindros do sistema hidráulico	Movimentar os braços extensível e concha	Sem força para fazer os movimentos do braço extensor e concha	Perca de desempenho, vazamento de óleo	Erosão, ressecamento dos retentores	7	7	5	245	Retirar peça, avaliar a falha, caso necessário levar ao profissional.
Pernas estabilizadoras	Estabilizar a máquina em terrenos com desniveis	Falta de estabilidade em terrenos com desniveis	Acidentes, perda de desempenho	Corrosão, quebra	3	10	2	60	Efetuar reparos com despenamento, ou caso necessário levar a metalúrgica.

PLANILHA FMEA									
(EQUIPAMENTO: RETROESCAVADEIRA CASE, MODELO: 580L SERIE 2)									
Item	Função	Falhas			Ocorrência (O)	Gravidade(G)	Detecção (D)	RN	Ações recomendadas
		Modo	Efeito	Causa					
Freios	Frenar a maquina	Baixa ou nenhuma capacidade de freiar a maquina	Acidentes	Vazamento do fluido de freio, desgaste de pastilhas	3	10	8	240	Verificar mangueiras se há vazamentos, e componentes se funcionam corretamente, completar fluido de freio.
Buzina	Gera advertências sonoras com objetivo de evitar algum tipo de acidente	Não gera efeito sonoro	Acidentes	Problemas elétricos	2	10	2	40	Verificar se chega corrente na buzina, caso necessário efetuar a troca da mesma, ou levar ao eletricitista.
Embuchamento do Braço extensível e concha	Movimentar os braços extensível e concha	Folga nas buchas	Perca de desempenho, quebra da maquina	Desgaste do material, utilização errada da maquina, falta de lubrificante	9	7	2	126	Efetuar a troca das buchas.

APÊNDICE C – Planilha de verificação diária

PLANILHA VERIFICAÇÃO DIÁRIA													
Máquina		Retroscavadeira CASE 580L				Placa				Operador			
Item	Descrição	___/___/___		___/___/___		___/___/___		___/___/___		___/___/___		___/___/___	
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
1	Nível do óleo do motor está correto?												
2	Nível do óleo sistema hidráulico está correto?												
3	Nível do fluido de refrigeração do motor está correto?												
4	Possui vazamento nas mangueiras do hidráulico?												
5	Limpador de para-brisa funciona?												
6	Farol e piscas funcionam?												
7	Parafusos de modo geral, ok?												
8	Luzes de painel funcionam ao dar partida?												
9	Todas a luzes de painel apagam após a partida?												
10	Cilindros hidráulicos, ok?												
11	Espelhos retrovisores e para-brisa, ok?												
12	Pernas estabilizadoras, ok?												
13	Banco do operador, ok?												
14	Alavancas de comando, ok?												
15	Freios, ok?												
16	Pino de segurança da carregadeira, ok?												
16	Embuchamento do braço extensível e concha, ok?												
16	Possui mancha de fluido onde a máquina se localiza?												
17	Calibragem dos pneus (dianteiros e traseiros), ok?												
18	Outros : _____												
ASSINATURA DO EXECUTOR:													
ITENS REVISADOS QUE NECESSITAM DE MANUTENÇÃO													
Nº Item		Data	___/___/___	OBS:									
Nº Item		Data	___/___/___	OBS:									
Nº Item		Data	___/___/___	OBS:									
Nº Item		Data	___/___/___	OBS:									

APÊNDICE D – Ordem de serviço

ORDEM DE SERVIÇO				
Máquina:		Placa:		
Tipo de manutenção: <input type="checkbox"/> Corretiva <input type="checkbox"/> Preventiva <input type="checkbox"/> Preditiva <input type="checkbox"/> Detectiva				
Executor: <input type="checkbox"/> Operador <input type="checkbox"/> Mecânico <input type="checkbox"/> Eletricista <input type="checkbox"/> Outros: _____				
Empresa que executou manutenção:				
Descrição do serviço a ser realizado(Sintoma Apresentado):				
Defeitos Encontrados:			Possíveis causas da anomalia:	
Descrição do serviço que foi realizado:				
Início do ocorrido	Data: ____/____/____	Hora: _____:	Horímetro da máquina	
Início da manutenção	Data: ____/____/____	Hora: _____:	Horímetro da máquina	
Fim da manutenção	Data: ____/____/____		Hora: _____:	
Fim da ocorrência	Data: ____/____/____		Hora: _____:	
Peças utilizadas:				
Descrição	Qtd.	Valor:		
Mão de Obra:				
Descrição			Valor:	
Ass. Executante:	Data: ____/____/____	Ass. Responsavel:	Data: ____/____/____	Valor Total:

ANEXO A – Manutenção preventiva do fabricante de 10h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Nível de óleo do motor (veja a Nota 3)	1			10			
Pontos pivô da carregadeira	18-20				10		
Pontos pivô da retroescavadeira	27				10		
Pontos pivô do eixo dianteiro na tração em duas rodas	9				10		

Fonte: Case, 2001.

ANEXO B – Manutenção preventiva do fabricante de 50h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Pinos de travamento do acoplador hidráulico	2				50		
Pontos Pivô da Caçamba 4-em-1	6				50		
Filtro de combustível (água de dreno)	1					50	
Nível do Fluido do Reservatório de Refrigeração	1			50			
Nível do Fluido do Reservatório Hidráulico	1			50			
Eixo da tração em 4 rodas	3				50		
Eixo de tração do eixo traseiro	3				50		
Pino do pivô traseiro do eixo dianteiro (tração em 2 rodas)	1				50		
Pontos pivô do eixo dianteiro na tração em quatro rodas	6				50		
Deslizadores do braço extensível	2				50		

Fonte: Case, 2001.

ANEXO C – Manutenção preventiva do fabricante de 100h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Pedal do extendahoe	2				100		
Pivôs do pedal de giro da retroescavadeira	2				100		
Silencioso de supressão de faiscas (se equipada)	1	100					

Fonte: Case, 2001.

ANEXO D – Manutenção preventiva do fabricante de 250h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Deslizadores do assento e montante (assento com suspensão) NÃO lubrifique o assento com suspensão de ar	1				250		
Bateria(s)	1	250					
Tensão da correia de transmissão para CA (se equipado)	1			250			
Óleo do motor	1		250				
Filtro do Óleo do Motor	1						250
Nível do óleo do eixo dianteiro (tração nas 4 rodas)	3			250			
Respiro do eixo dianteiro (tração nas 4 rodas)	1	250					
Nível do óleo do eixo traseiro	3			250			
Respiro do eixo traseiro	1	250					
Nível do Fluido de Refrigeração do Radiador				250			
Tanque de combustível (água de dreno e sedimentos)						250	
Nível do Óleo da Transmissão	1			250			
Estado e calibragem do pneu				250			

Fonte: Case, 2001.

ANEXO E – Manutenção preventiva do fabricante de 500h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Cabine ROPS ou Capota ROPS				500			
Filtros de combustível (filtro principal e filtro em linha)	2						500
Rolamentos do eixo dianteiro (tração em duas rodas)					500		
Vedações do eixo dianteiro (tração em duas rodas)							500

Fonte: Case, 2001.

ANEXO F – Manutenção preventiva do fabricante de 1000h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Filtro hidráulico (veja a Nota 4)	1						1000
Fluido hidráulico (Veja a Nota 4)	1		1000				
Nível de Fluido da Bateria				1000			
Filtros de ar da cabine (se equipada)	2	1000		1000			
Óleo do eixo traseiro	3		1000				
Filtro e fluido da transmissão			1000				1000
Óleo do eixo dianteiro (tração em quatro rodas)			1000				
Folgas das Válvulas do Motor				1000			
Elementos do filtro de ar							1000

Fonte: Case, 2001.

ANEXO G – Manutenção preventiva do fabricante de 2000h

PONTOS DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE DE PONTOS	FREQUÊNCIA EM HORAS					
		LIMPAR	TROCAR	VERIFICAR	LUBRIFICAR / ENGRAXAR	DRENAR	SUBSTITUIR
Líquido de arrefecimento do motor (Veja a Nota 7)			2000				

Fonte: Case, 2001.

JOSÉ FERREIRA DE MENEZES JUNIOR

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA A RETROESCAVADEIRA
DE UMA EMPRESA DO RAMO DE TERRAPLANAGEM NO MUNICÍPIO DE
GRAVATAÍ**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Caracá, 14 de Dezembro de 2022.
Local dia mês ano

Prof. e orientador Manoel Henrique Alves, MSc.
Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Adriano Menezes da Silva, MSc.
Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Guilherme Schumacher da Silva, MSc.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul