

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTUDO E ANÁLISE DE FALHAS EM PÁS CARREGADEIRAS BASEADO NA
MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

por

Felipe de Souza Boeira

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, abril de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Boeira, Felipe de Souza
ESTUDO E ANÁLISE DE FALHAS EM PÁS CARREGADEIRAS
BASEADO NA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE /
Felipe de Souza Boeira. -- 2022.
29 f.
Orientador: Juan Pablo Raggio Quintas.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. Manutenção Centrada em Confiabilidade. 2. Pás
carregadeiras. 3. Gestão da manutenção. I. Quintas,
Juan Pablo Raggio, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Felipe de Souza Boeira

ESTUDO E ANÁLISE DE FALHAS EM PÁS CARREGADEIRAS BASEADO NA
MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Cirilo Seppi Bresolin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientador: Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação:

Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Prof. Edson Hikaro Aseka

Prof. Rodrigo Rossi

Porto Alegre, abril de 2022

AGRADECIMENTOS

Impossível não agradecer a minha família que torce por mim desde o início dessa jornada acadêmica, sempre me apoiaram em todos sentidos: meus pais Manoel e Joanita juntamente com a minha irmã com quem moro em Porto Alegre e longe dos nossos familiares, o apoio e carinho dela foi fundamental nessa jornada.

Agradeço também aos demais familiares e amigos que tenho, amigos muitos desses de infância que nunca deixaram a distância e o tempo atrapalhar a amizade e também as novas amizades conquistadas no período acadêmico, todos tiveram uma importância fundamental durante a graduação.

Boeira, Felipe de Souza. **Estudo e análise de falhas em pás carregadeiras baseado na Manutenção Centrada em Confiabilidade**. 2022. 29 páginas. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo das falhas ocorridas em pás carregadeiras utilizando o método de Manutenção Centrada em Confiabilidade. As pás carregadeiras são um dos principais ativos em plantas que realizam a mistura e ensaque de fertilizantes minerais, elas são responsáveis pela alimentação com matéria prima dos equipamentos que fazem a mistura e ensaque, logo qualquer falha nas pás carregadeiras afetam diretamente a produção e com as análises e estudos foi possível elaborar um check list que será capaz de diminuir as paradas dando ao ativo mais confiabilidade e disponibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: falhas, Manutenção Centrada em Confiabilidade, pás carregadeiras, fertilizantes, disponibilidade.

Boeira, Felipe de Souza. **Study and analysis of failures in wheel loaders based on Reliability Centered Maintenance**. 2022. 29 pages. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, year.

ABSTRACT

The present work aims to carry out a study of failures in wheel loaders using the Reliability Centered Maintenance method. Wheel loaders are one of the main assets in plants that mix and bag mineral fertilizers, they are responsible for feeding raw material to the equipment that makes the mix and bagging, so any failure in the wheel loaders directly affects production and with the analysis and studies, it was possible to prepare a checklist that will be able to reduce downtime, giving the asset more reliability and availability.

KEYWORDS: failures, Reliability Centered Maintenance, wheel loaders, fertilizers, availability.

NOMENCLATURA

Símbolos

λ	Taxa de falha
β	Fator de forma
η	Vida característica

Abreviaturas e acrônimos

FAA	<i>Federal Aviation Authority</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agenc</i>

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	1
2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	1
2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	2
2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO	2
2.3.1 Manutenção corretiva	2
2.3.2 Manutenção preventiva.....	3
2.3.3 Manutenção preditiva	3
2.4 Confiabilidade	3
2.5 Distribuição de Weibull.....	4
2.6 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	5
3. METODOLOGIA APLICADA PARA DESENVOLVIMENTO DO MCC	6
3.1 ESCOLHA DO EQUIPAMENTO	6
3.1.1 Estrutura geral.....	8
3.1.2 Sistema hidráulico e de trem-de-força.....	9
3.1.3 Sistema elétrico e cabine	9
3.1.4 Sistema de refrigeração de fluídos.....	9
3.1.5 Motor	10
3.2. ANÁLISE DE FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS	10
3.3. ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS – FMEA.....	11
3.4. ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS	12
3.5. ANÁLISE DE WEIBULL NA MCC	13
3.6. ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO.....	14
4. RESULTADOS	14
5. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
ANEXO	17
APÊNDICE	21

1. INTRODUÇÃO

As indústrias atualmente vêm modernizando seus métodos de gestão em diversos setores com o objetivo de torná-las cada vez mais competitivas no mercado global. A manutenção evoluiu muito nos últimos anos e é um setor que está diretamente ligado a todas as etapas dentro da linha de produção, desde a segurança até a qualidade do processo e produto final. Sendo assim, fica claro a importância da manutenção dentro das empresas, tornando-as mais competitivas, diminuindo os custos de produção e melhorando a qualidade do produto.

A manutenção em termos evolutivos, está na sua terceira geração, parou de apenas consertar transformando-se em um setor que garante a disponibilidade do ativo, tendo um corpo de engenharia de manutenção por traz dos resultados. A primeira geração da manutenção, período antes da Segunda Guerra Mundial, atuava após a quebra do ativo, ou seja, manutenção corretiva. Após a esse acontecimento iniciou-se a fase em que a disponibilidade do ativo era vista como o foco das atividades e a manutenção atuando antes da falha, surgindo a preventiva. A terceira geração, após a década de setenta, junto com a aceleração dos processos produtivos trouxe a necessidade de maior disponibilidade dos ativos tornando-se um diferencial nas linhas de produção, surgindo então a manutenção preditiva, que analisa e classifica os modos de falhas, potenciais defeitos e ocorrências através do histórico de falhas do equipamento, esse método é conhecido como Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

Segundo Kardec e Nascif, 2001, o interesse da operação em relação à manutenção e a engenharia é somente obter uma maior disponibilidade do ativo ao menor custo. Já Mirshawka e Olmedo, 1993, diz que a gestão da manutenção moderna tem como principais objetivos de maximizar a produção com o menor custo, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e qualidade, sem causar danos ambientais e desrespeito às regras de segurança.

Pensando nesses contextos foram desenvolvidos novos métodos de atuação da manutenção dentro das indústrias, como MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) e TPM (Manutenção Produtiva Total). Dentre esses métodos para o trabalho foi escolhido o MCC, e os ativos analisados foram pás carregadeiras de uma indústria de mistura e ensaque de fertilizantes, onde as pás carregadeiras exercem um papel importante no ciclo produtivo e suas falhas causam prejuízo no processo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A disponibilidade de ativos tem se tornado um fator importante dentro das organizações que visam cada vez mais o lucro. Para atingir esse objetivo, a manutenção precisa controlar uma série de processos que visa estabelecer rotinas de serviços, analisar comportamento de ativos, manobrar e dispor equipes de técnicos e mantenedores, coletar e analisar dados e controlar recursos, tudo isso visando garantir a máxima eficiência ao menor custo possível. A melhor forma de se ter bons resultados é utilizando metodologias que visam administrar essa infinidade de processos, a isso é dado o nome de Gestão da Manutenção.

Para entender o que é a gestão da manutenção se faz necessário primeiro conhecer os conceitos básicos que compõem esse termo. Tendo como primeiro termo, Manutenção, que pode ser definida como o setor dentro de uma organização, responsável por manter as instalações, bem como as suas máquinas e equipamentos (ativos), em condições de desempenhar as suas funções requeridas.

Cada organização tem suas máquinas e equipamentos que são responsáveis por desempenhar funções, e que naturalmente esses ativos falham. A manutenção exerce a função de reparar esses ativos quando essas falhas ocorrerem, e mais importante, trabalhar de forma preventiva visando evitar ao máximo que os ativos venham a falhar. A importância da manutenção e a evolução nos últimos 100 anos pode ser observada pelo simples fato que antes uma função realizada por poucos mecânicos, hoje em dia, há um departamento dentro das organizações, que visa garantir o aumento do lucro do negócio através da manutenção sendo ativa e gerando disponibilidade dos equipamentos.

Para o termo Gestão, simplificada, significa dar direção, conduzir, guiar para o alcance das metas. Então, resumidamente, Gestão da Manutenção é o conjunto de métodos que são utilizadas pelo setor de manutenção com o intuito de atingir as suas metas. Dentro dessa gestão, há dois fatores importantes para garantir o desempenho e efetividade, planejamento e controle.

2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

A forma como a manutenção vem sendo tratada dentro das organizações nos últimos anos mostra a importância do setor que contribui para redução de custos de produção através da maior disponibilidade dos ativos. A manutenção tem sua história dividida em três gerações (SIQUEIRA, 2005). A primeira geração, que compreende o período da década de 40, não atuava em preventivas, apenas lubrificações e limpezas das máquinas, atuando de forma corretiva quando a falha ocorria. Após a Segunda Guerra Mundial (1945), houve um avanço na industrialização e a disponibilidade dos equipamentos, juntamente com maior vida útil e disponibilidade tornaram-se prioridades na indústria, começando então a segunda geração (1950 – 1975) trazendo o conceito de manutenção preventiva para o ambiente fabril. A terceira geração tem início após 1975, juntamente com a automatização que ocorre na indústria, havendo também preocupações ambientais e com a segurança das operações. Além disso, o custo de manutenção cresceu junto, tornando-se um dos principais valores dentro da operação (MOUBRAY, 2001). Foi nessa geração que surgiu o conceito de Manutenção Centrada Confiabilidade (MCC).

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A maneira como é realizada cada intervenção nas manutenções dos ativos define o tipo de manutenção, existem três manutenções que se destacam como as principais e mais citadas por autores conforme exposto a seguir.

2.3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é acionada em duas situações, quando a operação identifica que o processo está com alguma deficiência ou quando se constata a falha em algum equipamento impedindo que realize sua função. Para que seja evitada a reincidência das falhas é importante que a corretiva identifique a origem do problema. A manutenção corretiva é realizada em seguida que ocorre a falha ou programada para que seja realizada posteriormente em uma melhor oportunidade. Quando a manutenção corretiva é muito solicitada pode-se afirmar que há uma deficiência no setor de manutenção, além disso a corretiva pode gerar perdas no processo de produção e a qualidade do produto é prejudicada. A manutenção corretiva é uma intervenção realizada para evitar maiores consequências aos equipamentos, colaboradores ou meio ambiente (VIANA, 2002).

2.3.2 Manutenção preventiva

Manutenção Preventiva é qualquer tipo de manutenção planejada e programada para um equipamento ou componente. A preventiva é sempre uma atividade agendada e executada por um técnico competente com o objetivo de garantir que o ativo esteja funcionando corretamente, a fim de sanar qualquer falha que leve o equipamento a parar e conseqüentemente interromper o processo de produção.

Para o sucesso dos serviços de manutenção preventiva necessita-se de um planejamento preliminar e a validação no plano de manutenção. O plano de manutenção preventiva deve ser elaborado por etapas, observando diversos processos e métodos.

A manutenção preventiva é um método superior a corretiva pois ela pode garantir a disponibilidade dos equipamentos auxiliando assim que o programa de produção seja cumprido. Essa manutenção deve ser aplicada obrigatoriamente, tem um maior custo em relação aos demais métodos, mas garante uma maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos em relação à manutenção corretiva (LAFRAIA, 2001).

2.3.3 Manutenção preditiva

A Manutenção Preditiva, conhecida também como a manutenção que faz o monitoramento regular das condições mecânicas, eletrônicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitora o rendimento operacional de máquinas, equipamentos e instalações quanto a seus processos com um controle estatístico para que seja possível prever as falhas e planejar a melhor intervenção a ser realizada.

O planejamento das preditivas consiste na definição de quais técnicas serão usadas para monitorar cada tipo de equipamento e a periodicidade das inspeções. Os conceitos e aplicações da Manutenção Preditiva vem sendo usados há muito tempo, tornando-se uma importante ferramenta de produtividade a partir dos anos 70 e tendo destaque desde meados dos anos 90 dentro da manutenção.

Dentro do Planejamento e Controle da Manutenção, a manutenção preditiva é um método aplicado na área de manutenção com a finalidade de indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Esse controle, na maioria das vezes, mostra um aumento nos intervalos dos reparos através de manutenção corretiva e dos reparos por manutenção preventiva, conseqüentemente um aumento de rendimento no processo produtivo, tendo os equipamentos disponíveis por um tempo maior para a produção.

Portanto, a preditiva traz prognósticos para o tempo de vida útil dos componentes, equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

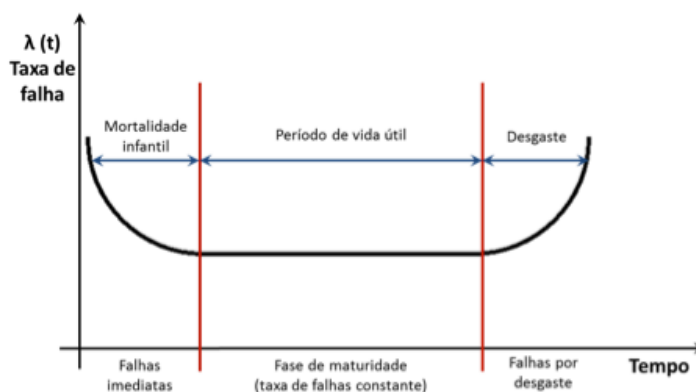
2.4 Confiabilidade

A confiabilidade é a probabilidade que um componente, equipamento ou sistema exercerá sua função sem falhas, por um certo período de tempo em condições de operações especificadas (LAFRAIA, 2014). O diferencial da confiabilidade é sua atuação nas causas básicas ao invés dos sintomas usando o histórico de falhas.

O inverso da confiabilidade é a falha, onde o sistema fica impossibilitado de cumprir suas funções conforme especificado (LAFRAIA, 2001). As falhas em equipamentos ocorrem através de fatores como: falha no projeto, falha na fabricação e falha de utilização. A falha gera parada de produção, produção abaixo do programado, produto com qualidade inferior e riscos à saúde do operador e meio ambiente.

Para relacionar a taxa de falha de um equipamento ao longo do tempo tem-se a curva característica da vida de equipamento que é conhecida como Curva da Banheira, representada pela Figura 1, que apresenta os seguintes períodos de vida para um equipamento: Mortalidade infantil, Período de vida útil e Período de desgaste.

Figura 1: Curva da banheira e ciclo de vida de equipamentos



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001).

No período de Mortalidade Infantil, existem falhas iniciais que ocorrem por falhas no projeto, defeito de fabricação ou montagem incorreta. Para o segundo período, Período de Vida Útil, ocorrem falhas constantes causadas por fatores aleatórios como fadiga ou desgastes, onde não há o controle. No último período há o Período de Desgaste onde começa o fim da vida útil do equipamento devido ao aumento de falhas ocorridas por desgaste natural dos componentes.

2.5 Distribuição de Weibull

A confiabilidade é apresentada através da probabilidade de sobrevivência até um tempo t de interesse (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). A probabilidade é determinada modelando os tempos até a falha do sistema em análise. Com a distribuição de probabilidade de falha que se encaixa aos tempos pode-se estimar a probabilidade de que o sistema não falhe em qualquer tempo t , tornando a análise do tempo até a falha um fator importante para confiabilidade.

Tendo o início dos seus estudos em resistência dos aços, a função de Weibull acabou apresentando ser um importante método para análise de falhas em equipamentos através da sua flexibilidade e capacidade de apresentar modelos diferentes na amostragem dos tempos de falhas.

A Equação 1 é usada para o cálculo da Probabilidade de falha em função do tempo de funcionamento, representada abaixo:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (1)$$

A Equação 2 é a Confiabilidade:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} t^{\beta-1} e^{-\frac{t^\beta}{\eta}} \quad (2)$$

A Equação 3 representa a densidade $f(t)$ de probabilidade que é o percentual de falhas que ocorrem na unidade de tempo:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3)$$

A Equação 4 representa a taxa de falha $\lambda(t)$ que apresenta a probabilidade de falhas ocorrerem em uma unidade de tempo:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

Juntas, essas quatro equações representam a Distribuição de Weibull, onde β é o fator de forma e representa o período de vida atual do componente e η é a vida característica do componente sendo um parâmetro de vida mínima. Para $\beta < 1$ tem-se o período de Mortalidade Infantil, $\beta = 1$ representa o equipamento em período de Vida Útil e com $\beta > 1$ o período de Desgastes é apresentado.

2.6 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada na Confiabilidade teve seu início na década de 1970 onde apareceu publicamente quando houve a necessidade de certificar a nova linha de aeronaves Boeing 747, pela FAA – *Federal Aviation Authority* nos Estados Unidos. Esse novo modelo de avião tinha níveis de automação jamais vistos na época e uma capacidade de transportar passageiros três vezes maior que a maior aeronave existente na época e os modelos de manutenções existentes não atendiam as exigências do órgão regulador.

Pode-se definir a Manutenção Centrada na Confiabilidade como a política de manutenção estruturada que escolhe as atividades de manutenção necessárias para manter a disponibilidade e confiabilidade de qualquer processo produtivo, de modo que se reduza ao máximo possível o Custo do Ciclo de Vida do Ativo, que é a somatória de todos os valores investidos no ativo desde o processo de especificação, projeto, produção, operação, manutenção e por fim o descarte. Desse modo, a Manutenção Centrada na Confiabilidade consiste na seleção de estratégias de manutenção para cada ativo com a finalidade de manter o processo ativo e sendo assim o modelo de manutenção com o melhor custo benefício, fazendo somente o que realmente precisa ser feito para manter o equipamento estável.

A maioria dos gestores de manutenção falham na escolha da estratégia de manutenção correta para manter o equipamento e isso gera custos desnecessários com a manutenção e o objetivo de garantir disponibilidade e confiabilidade no processo não é garantido.

De acordo com a metodologia MCC que responde a sete questões de forma sequencial e por etapas, onde as etapas possuem modelagem e análise de sistemas, documentando os critérios e dados usados para responder cada questão (MOUBRAY, 1992).

Essas questões que devem ser respondidas através da metodologia MCC são (MOUBRAY, 1992):

- Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando ocorre cada falha?

- De que forma cada falha importa?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

3. METODOLOGIA APLICADA PARA DESENVOLVIMENTO DO MCC

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas algumas metodologias de aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade seguindo os métodos de Moubray 2001 e Lafraia 2001.

3.1 ESCOLHA DO EQUIPAMENTO

A escolha das pás carregadeiras como os ativos a serem avaliados se dá pelo fato da grande relevância que elas têm dentro da indústria de fertilizantes, sendo importantes em diversas etapas do processo, desde apoio em descargas dos navios que chegam com as matérias primas no porto bem como a alimentação dos misturadores que fazem o processo de mistura e ensaque dos fertilizantes, portanto, qualquer falha nesses equipamentos afeta diretamente a programação de produção diária.

A frota das pás carregadeiras da empresa é formada por nove ativos do mesmo modelo conforme ilustrado na Figura 2: Pá carregadeira de Rodas Pequenas com articulação em Z otimizada onde as forças de levantamento paralelo e inclinação alta ao longo da faixa de trabalho ajudam a manusear cargas de forma segura e confiável com controle preciso. Este modelo possui um exclusivo sistema de Gerenciamento de Potência Inteligente que monitora ativamente a entrada do operador e a disponibilidade de potência para manter a máquina trabalhando com eficiência máxima aliada ao sistema de transmissão hidrostática controlada eletronicamente sem a necessidade de pisar no pedal, fornece potência ajustável no solo e excelente controle da velocidade de deslocamento para uma variedade de tarefas.

Figura 2: Pá carregadeira de Rodas Pequenas.

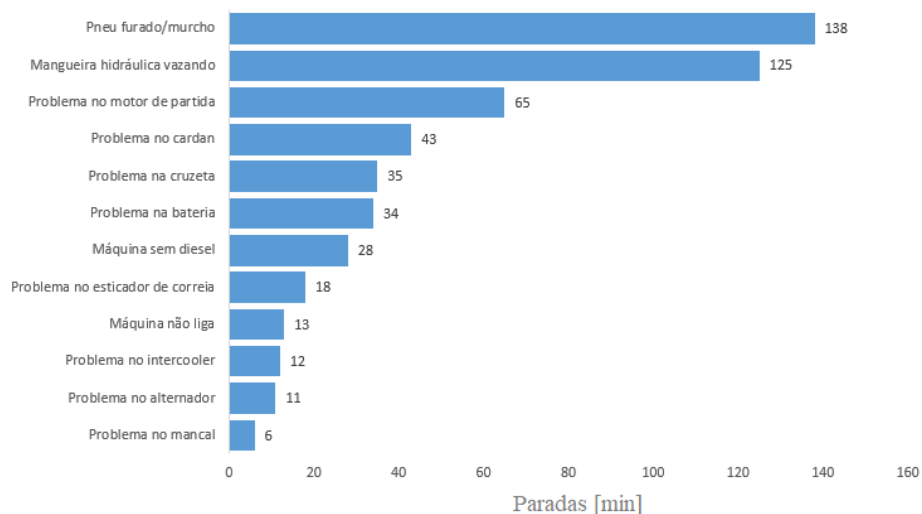


Fonte: catálogo do equipamento.

Utilizando o ERP (*Enterprise Resource Planning*), o sistema de gestão integrado da empresa e buscando os dados das paradas de produção causadas por falhas nas pás carregadeiras foi possível tabular esses números para uma melhor análise. Foram analisadas as paradas de manutenção ocorridas nas pás carregadeiras durante os anos de 2016 até 2019, na Figura 3 as

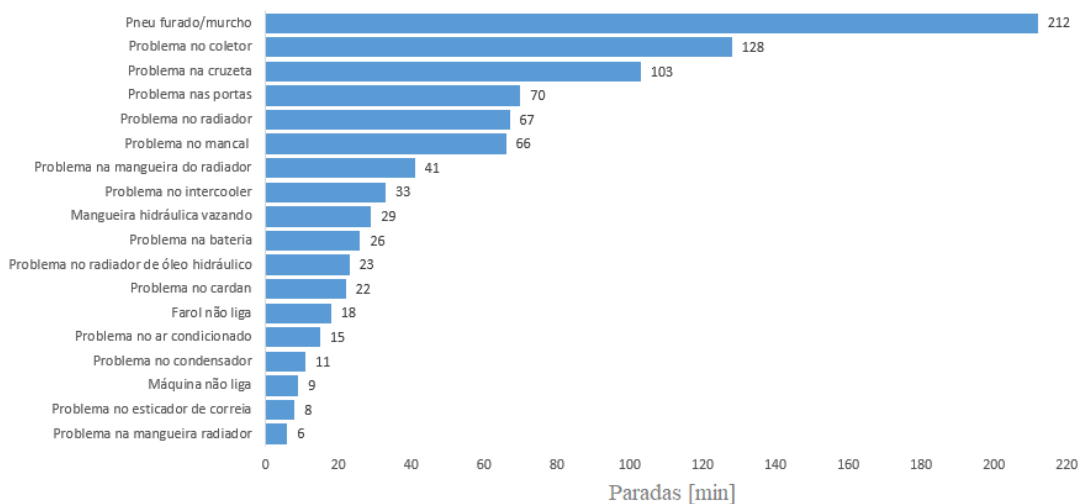
paradas do ano de 2016, onde foram registrados totais de 138 minutos de paradas por problema nos pneus, maior registro.

Figura 3: Paradas Ano 2016 – tipo de problema x paradas.



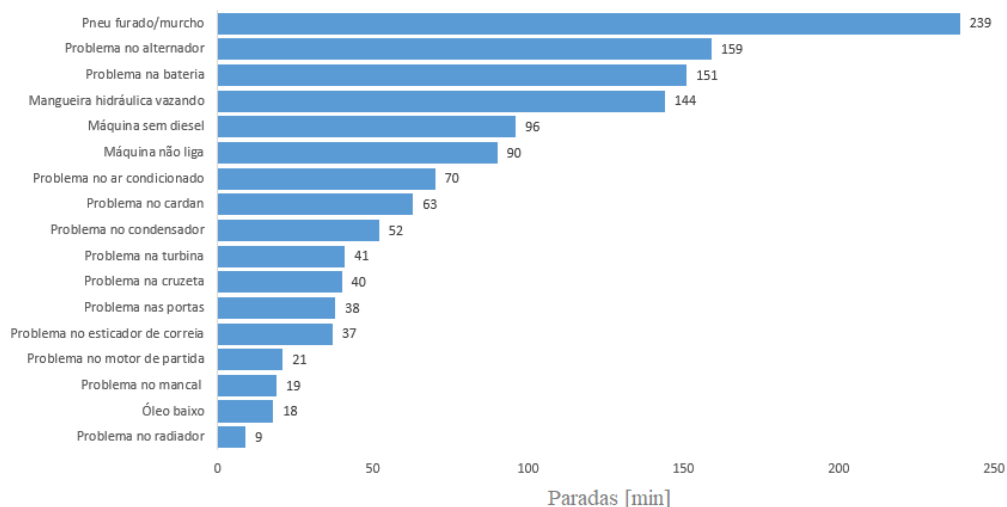
No ano de 2017, também obteve-se o maior registro de paradas causadas por problemas nos pneus conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Paradas Ano 2017 – tipo de problema x paradas.



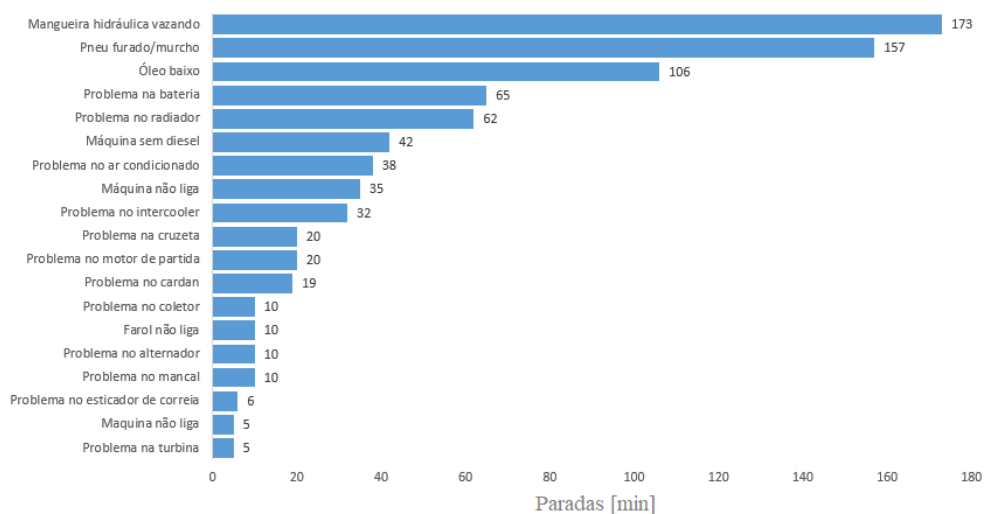
Para o ano de 2018, os problemas com pneus continuam como os maiores registros de paradas como pode-se observar na Figura 5.

Figura 5: Paradas Ano 2018 – tipo de problema x paradas.



Em 2019 teve-se uma mudança no problema com maior registro, os problemas em pneus deram lugar aos vazamentos nas mangueiras hidráulicas, tendo 173 minutos totais de parada como mostra a Figura 6.

Figura 6: Paradas Ano 2019 – tipo de problema x paradas.



A partir desses dados dos quatro anos pode-se fazer uma análise aplicando métodos para que o ativo tenha maior disponibilidade conforme as necessidades da empresa. Para melhor análise de falhas a pá carregadeira foi dividida em cinco sistemas de análises.

3.1.1 Estrutura geral

A estrutura de uma pá carregadeira que atua no segmento de fertilizantes é um dos itens mais afetados devido a corrosão causada pelo ambiente industrial que possui sulfatos e cloretos de diversos minerais. Fazem parte desta estrutura itens como: capô, rodas, para-lamas, contrapesos, pinos, buchas, concha e etc. Dentre esses itens os que tem uma grande importância

no conjunto estrutural são os pinos e buchas que fazem parte da articulação da máquina unindo componentes e possibilitando os variados ângulos em que a pá carregadeira pode operar.

3.1.2 Sistema hidráulico e de trem-de-força

As pás carregadeiras possuem sistema hidráulico que é responsável por realizar o acionamento através de um fluido para mover a energia para o levante da concha e também da sua articulação central que é realizada através de cilindros hidráulicos. Dentro do sistema hidráulico a peça fundamental para o funcionamento do sistema é a bomba hidráulica que dá a pressão necessária para que o fluido acione os cilindros realizando os movimentos que o operador aciona na cabine.

Esses modelos de máquinas são projetados para trabalhar em condições severas e para isto precisam de força. A força necessária para desenvolver suas funções é originada a partir da potência do motor, utilizando uma parcela dessa potência no sistema hidráulico que aciona os implementos e o restante é utilizado para a movimentação e tração.

Para que a potência chegue até as rodas são utilizadas as transmissões, no caso da pá carregadeira em análise é usada a transmissão do tipo hidrostática onde a bomba hidráulica é acionada diretamente pelo motor térmico e converte a energia mecânica fornecida pelo motor em energia hidráulica na forma de vazão. Esta vazão é responsável por acionar os motores hidráulicos que convertem esta vazão em energia mecânica. Os motores hidráulicos são acoplados aos eixos *cardans* que transmitem a força para os eixos diferenciais até chegar nas rodas. É chamado de trem-de-força esse conjunto de componentes que são responsáveis pela geração e transmissão de força do motor até o solo para que a pá carregadeira seja tracionada.

3.1.3 Sistema elétrico e cabine

O sistema elétrico deste tipo de máquina é responsável por uma série de comandos realizados pela máquina, como movimentação de articulações do equipamento, motor de partida, alternador, ar condicionado e etc. Além disso, junto à cabine há itens que estão diretamente ligados à segurança da operação e do operador que são acionados pelo sistema elétrico, são eles: faróis, buzina, sirene de ré, limpador de para-brisa, giroflex, sinaleiras e chave geral, uma falha no sistema elétrico que afete alguns desses itens pode trazer riscos a operação e consequentemente o ativo pode ser impedido de realizar suas funções pelo departamento de segurança e medicina do trabalho da empresa.

3.1.4 Sistema de refrigeração de fluidos

Nas pás carregadeiras há três trocadores de calor que exercem funções distintas e importantes para o bom funcionamento do ativo, são eles: Radiador do motor, radiador de óleo hidráulico, intercooler da turbina e condensador do ar condicionado.

O radiador é responsável por fazer circular água em torno do bloco do motor para resfriá-lo que aquece quando está em funcionamento devido a micro explosões que ocorrem dentro do bloco quando ocorre a queima de combustível. Para evitar que mangueiras derretam ou até mesmo o bloco do motor venha a rachar pela alta temperatura há a necessidade de controlar esse aquecimento. No processo, o radiador arrefece o volume que chega quente do motor e envia o fluido resfriado para o motor, e o ciclo se repete.

A função do radiador do óleo hidráulico é refrigerar o óleo que flui no sistema hidráulico passando por bombas de pistão, cilindros, engrenagens e mangueiras ocorrendo o aquecimento

desse óleo e então há a necessidade de refrigeração para que o mesmo não perca suas propriedades e o sistema venha a falhar.

O intercooler é um trocador de calor, instalado entre turbo e o coletor de admissão. Ele é amplamente utilizado para melhorar a performance e reduzir o consumo de combustível. Ao esfriar o ar quente comprimido pela turbina aumenta-se a densidade do ar, portanto é admitido mais ar no motor aumentando assim a potência do motor.

O condensador do ar condicionado é o dispositivo de troca de calor onde há o fluido refrigerante, que corre dentro do circuito frigorífico, rejeita o calor do sistema para o ar ao redor, para o ar circundante. Esse fluido refrigerante entra em estado superaquecido, em seguida é condensado rejeitando calor para um meio externo que pode ser o ar, ou água, etc. Ao sair do condensador, o fluido refrigerante está no estado líquido saturado, dependendo da temperatura externa e também modelo de condensador pode estar sub-resfriado. O condensador transforma o fluido refrigerante no estado de vapor para líquido.

3.1.5 Motor

As pás carregadeiras são equipadas com um motor diesel de 7.1L turboalimentado e pós-arrefecido, desenvolvido para atender aos padrões de emissões MAR-1 do Brasil, equivalentes ao Tier 3 do EPA (*Environmental Protection Agency*) dos EUA/Estágio IIIA da EU. Esse motor incorpora componentes resistentes e de qualidade comprovada e manufatura precisa com os quais pode garantir uma operação confiável e eficiente. Possui desempenho comprovado aumentando a confiabilidade, pois é menos sensível aos combustíveis de baixa qualidade, oferecendo melhores taxas de consumo de combustível. Uma característica do modo econômico é reduzir o consumo de combustível em até 15% e oferecer uma operação mais limpa e silenciosa, enquanto proporciona desempenho e durabilidade superiores.

Esse motor possui controle automático de rotação do motor que é ativado durante as condições sem carga ou com carga leve, o que reduz a rotação do motor, minimizando o consumo de combustível. Possui um filtro de ar de vedação radial que apresenta um núcleo de camada dupla para uma filtragem mais eficaz e está localizado em um compartimento atrás da cabine. Quando há pó acumulado acima do nível predeterminado, o monitor exibe uma advertência, então o pré-purificador de ar reduz a quantidade de poeira que entram no sistema de entrada de ar e que podem ajudar a maximizar o desempenho do motor, prolongando a vida útil do filtro de ar. Para o combustível há um sistema de filtragem aprimorado para garantir uma boa confiabilidade dos componentes do sistema de injeção de combustível.

3.2. ANÁLISE DE FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

De acordo com o método do MCC, para dar início no método há a necessidade de começar definindo as funções e falhas funcionais do equipamento. Quando um equipamento está impossibilitado de desempenhar suas funções pode-se dizer que este ativo está com uma falha funcional, essas falhas podem ser primárias ou secundárias. Primária é a função básica que o ativo ou componente exerce, função essa pela qual foi projetado ou adquirido, as demais funções que o ativo realiza são denominadas como secundárias. Através dessas definições foi possível determinar cada função dos sistemas e suas falhas funcionais conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Funções e falhas funcionais das pás carregadeiras.

SISTEMA	COMPONENTES	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL
ESTRUTURA GERAL	PINOS E BUCHAS	ARTICULAÇÃO DE COMPONENTES	NÃO ARTICULA OS COMPONENTES
	CAIXA DE BATERIA	PROTEGER A BATERIA	BATERIA EXPOSTA
	PNEUS E AROS	SUSTENTAR E MOVIMENTAR PÁ CARREGADEIRA	IMPOSSIBILITA A MOVIMENTAÇÃO
	ESCADA	DAR ACESSO DO OPERADOR A CABINE	OPERADOR SEM ACESSO
	CONCHA	MOVIMENTAR MATÉRIA PRIMA	NÃO MOVIMENTA MATÉRIA PRIMA
	ESPELHOS	AUXILIAR OPERADOR NAS OPERAÇÕES	NÃO AUXILIA O OPERADOR
	CONTRAPESO	DAR ESTABILIDADE À PÁ CARREGADEIRA	NÃO DA ESTABILIDADE À PÁ CARREGADEIRA
	PARALAMAS	PROTEGER A CABINE	NÃO PROTEGE A CABINE
	PORTAS	MANTER O OPERADOR SEGURO	NÃO MANTÉM O OPERADOR SEGURO
	CAPÔ	PROTEGER O MOTOR DE AGENTES EXTERNOS	NÃO PROTEGE O MOTOR
H	SUSTENTAR E MOVIMENTAR A CONCHA	NÃO SUSTENTA E NEM MOVIMENTA A CONCHA	
SISTEMA HIDRÁULICO E TREM DE FORÇA	MANGUEIRAS	LEVAR ÓLEO DE UM COMPONENTE A OUTRO	NÃO LEVA ÓLEO DE UM SISTEMA A OUTRO
	CILINDROS	MOVIMENTAR ARTICULAÇÕES	NÃO MOVIMENTA ARTICULAÇÕES
	ACUMULADORES	ARMAZENAR ENERGIA HIDRÁULICA	NÃO ARMAZENA ENERGIA HIDRÁULICA
	CARDANS	TRANSMITIR ENERGIA DO MOTOR PARA EIXOS	NÃO TRANSMITE A ENERGIA DO MOTOR PARA EIXOS
	CRUZETAS	FAZER A ARTICULAÇÃO ENTRE CARDANS	NÃO REALIZA A ARTICULAÇÃO ENTRE CARDANS
MANCAIS	MANTER SISTEMA ALINHADO	NÃO MANTÉM O SISTEMA ALINHADO	
SISTEMA ELÉTRICO E CABINE	CHICOTES	TRANSMITIR ENERGIA ENTRE COMPONENTES	NÃO TRANSMITE A ENERGIA ENTRE COMPONENTES
	CONECTORES	LIGA O CHICOTE AOS COMPONENTES	NÃO LIGA O CHICOTE AOS COMPONENTES
	FAROL/SINALEIRA	SINALIZAR O OPERADOR NAS OPERAÇÕES	NÃO SINALIZA O OPERADOR NAS OPERAÇÕES
	LIMPADOR DE VIDRO	LIMPAR O VIDRO	NÃO LIMPA O VIDRO
	AR CONDICIONADO	MANTER A CABINE CLIMATIZADA	NÃO MANTÉM A CABINE CLIMATIZADA
CHAVE GERAL	DESLIGAR A ENERGIA DA PÁ CARREGADEIRA	NÃO DESLIGA A ENERGIA DA PÁ CARREGADEIRA	
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE FLUÍDOS	RADIADOR	RESFRIAR O LÍQUIDO QUE REFRIGERA O MOTOR	NÃO RESFRIA O LÍQUIDO QUE REFRIGERA O MOTOR
	RADIADOR DE ÓLEO HIDRÁULICO	RESFRIAR O ÓLEO HIDRÁULICO	NÃO RESFRIA O ÓLEO HIDRÁULICO
	INTERCOOLER	RESFRIAR O AR QUE É ADMITO PELA TURBINA	NÃO REFRIGERA O AR QUE ADMITIDO PELA TURBINA
	CONDENSADOR	RESFRIAR O FLUÍDO REFRIGERANTE	NÃO REFRIGERA O FLUÍDO REFRIGERANTE
MOTOR	COLETOR	DISTRIBUIR OS GASES DO MOTOR PARA O ESCAPAMENTO	NÃO DISTRIBUI OS GASES DO MOTOR PARA O ESCAPAMENTO
	TURBINA	INJETAR MASSA DE AR NO MOTOR	NÃO INJETA AR NO MOTOR
	CALÇOS	MANTER O MOTOR COM AS VIBRAÇÕES PERMITIDAS	NÃO MANTÉM O MOTOR COM AS VIBRAÇÕES PERMITIDAS
	ALTERNADOR	CARREGAR A BATERIA	NÃO CARREGA A BATERIA
	MOTOR DE PARTIDA	DAR A PARTIDA NO MOTOR	NÃO DÁ PARTIDA NO MOTOR

3.3. ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS – FMEA

A Análise de Modos e Efeitos de Falhas é um procedimento que pode ser usado para avaliar, conduzir e atualizar projetos durante o seu desenvolvimento, podendo também ser usado como um método de controle e registro de alterações que ocorrem na vida útil de um item e identificação de problemas e suas soluções. Todo o tipo de evento que pode causar uma falha em um componente ou equipamento é considerado como um modo de falha. A FMEA é um dos métodos de identificação de falhas e seus efeitos no sistema, bem como a indicação da hipótese dessa falha ocorrer e que ela não seja registrada, com o foco em orientar para que os melhores recursos sejam aplicados nas melhores oportunidades tornando a intervenção mais vantajosa. Na Tabela 2 estão os modos e efeitos de falhas para cada componente dos sistemas pré-definidos no Capítulo 3.

Tabela 2: Modos de falhas e efeitos

SISTEMA	COMPONENTES	MODOS DE FALHA	EFEITO DE FALHA
ESTRUTURA GERAL	PINOS E BUCHAS	PINOS E BUCHAS ENCRAVADOS	PÁ CARREGADEIRA FICA IMPOSSIBILITADA DE REALIZAR MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	CAIXA DE BATERIA	CAIXA DE BATERIA SEM TAMPA	CORROÇÃO DOS POLOS DEVIDO AMBIENTE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	PNEUS E AROS	PNEUS FURADOS E MURCHO	PÁ CARREGADEIRA FICA IMPOSSIBILITADA DE REALIZAR MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	ESCADA	ESCADA QUEBRADA OU COM DESGASTE	RISCO DE QUEDA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	CONCHA	CONCHA COM RACHADURAS	CAUSA VAZAMENTO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.
	ESPELHOS	ESPELHO QUEBRADO OU FALTANTE	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	CONTRAPESO	MÁQUINA SEM CONTRAPESO	EQUIPAMENTO SEM ESTABILIDADE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.
	PARALAMAS	MÁQUINA SEM PARALAMA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	PORTAS	PORTA NÃO TRAVA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	CAPÔ	CAPÔ COM FROUXO	DESGASTE PRECOZE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	H	ESTRUTURA TORTA	RISCO DE QUEBRA DE CILINDROS E BOMBAS. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
SISTEMA HIDRÁULICO E TREM DE FORÇA	MANGUEIRAS	MANGUEIRA COM VAZAMENTO	PASSAGEM E PRESSÃO DE ÓLEO PREJUDICADA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.
	CILINDROS	CILINDRO TORTO	RISCO DE QUEBRA DE BOMBAS. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
	ACUMULADORES	ACUMULADOR FURADO	PRESSÃO DE ÓLEO PREJUDICADA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.
	CARDANS	CARDAN QUEBRADO OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	CRUZETAS	CRUZETA QUEBRADA OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
MANCAIS	MANCAL QUEBRADO OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	
SISTEMA ELÉTRICO E CABINE	CHICOTES	CHICOTE ROMPIDO	INTENS NÃO RECEBEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 3h.
	CONNECTORES	CONNECTOR QUEBRADO	INTENS NÃO RECEBEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 3h.
	FAROL/SINALEIRA	FAROL/QUEIMADO OU QUEBRADO	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	MOTOR LIMPADOR DE VIDRO	MOTOR LIMPADOR QUEIMADO	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.
	AR CONDICIONADO	AR CONDICIONANDO NÃO GELA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 5h.
CHAVE GERAL	CHAVE GERAL COM DESGASTE	MÁQUINA FICA SEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE FLUÍDOS	RADIADOR	RADIADOR FURADO	MÁQUINA AQUECE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
	RADIADOR DE ÓLEO HIDRÁULICO	RADIADOR DE ÓLEO FURADO	SISTEMA HIDRÁULICO AQUECE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
	INTERCOOLER	INTERCOOLER FURADO	MÁQUINA SEM FORÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
	CONDENSADOR	CONDENSADOR FURADO	AR CONDICIONADO INOPERANTE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
MOTOR	COLETOR	COLETOR QUEBRADO	EXCESSO DE FUMAÇA NO MOTOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	TURBINA	TURBINA COM DESGASTE NO EIXO	MÁQUINA SEM FORÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.
	CAIÇOS	CAIÇOS COM DESGASTES	MOTOR FICA DESBALANCEADO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	ALTERNADOR	ALTERNADOR QUEIMADO	NÃO CARREGA BATERIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.
	MOTOR DE PARTIDA	MOTOR DE PARTIDA QUEIMADO	MÁQUINA NÃO LIGA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.

3.4. ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS

As falhas que os equipamentos apresentam tem um conjunto de consequências que podem ser observadas avaliando o ambiente em que um item realiza suas funções, os níveis de desempenho que se aplica a cada função e os efeitos físicos de cada modo de falha. Ao realizar a análise e quando se identificam falhas com consequências severas como por exemplo: risco na operação, paradas de produção ou risco ambiental, há a necessidade de avaliação para que a consequência seja eliminada, reduzida ou evitada.

Utilizando o diagrama de decisões conforme Lafraia (2001) que está no Anexo I, pode-se definir as consequências de falha para cada modo de falha dos sistemas que são apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3: Consequências de falha e tipo de manutenção conforme diagrama de Lafraia (2001)

MODOS DE FALHA	EFEITO DE FALHA	CONSEQUÊNCIA DA FALHA	TIPO DE ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO
PINOS E BUCHAS ENCRAVADOS	PÁ CARREGADEIRA FICA IMPOSSIBILITADA DE REALIZAR MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CAIXA DE BATERIA SEM TAMPA	CORROÇÃO DOS POLOS DEVIDO AMBIENTE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	ECONÔMICA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
PNEUS FURADOS E MURCHO	PÁ CARREGADEIRA FICA IMPOSSIBILITADA DE REALIZAR MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	SUBSTITUIÇÃO PROGRAMADA
ESCADA QUEBRADA OU COM DESGASTE	RISCO DE QUEDA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CONCHA COM RACHADURAS	CAUSA VAZAMENTO DE MATÉRIA PRIMA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	ECONÔMICA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
ESPELHO QUEBRADO OU FALTANTE	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
MÁQUINA SEM CONTRAPESO	EQUIPAMENTO SEM ESTABILIDADE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
MÁQUINA SEM PARALAMA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
PORTA NÃO TRAVA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CAPÔ COM FROUXO	DESGASTE PRECOZE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	ECONÔMICA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
ESTRUTURA TORTA	RISCO DE QUEBRA DE CILINDROS E BOMBAS. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
MANGUEIRA COM VAZAMENTO	PASSAGEM E PRESSÃO DE ÓLEO PREJUDICADA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
CILINDRO TORTO	RISCO DE QUEBRA DE BOMBAS. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
ACUMULADOR FURADO	PRESSÃO DE ÓLEO PREJUDICADA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CARDAN QUEBRADO OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
CRUZETA QUEBRADA OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
MANCAL QUEBRADO OU SEM PARAFUSO	MÁQUINA FICA SEM TRACÇÃO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
CHICOTE ROMPIDO	INTENS NÃO RECEBEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 3h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
CONNECTOR QUEBRADO	INTENS NÃO RECEBEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 3h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
FAROL/QUEIMADO OU QUEBRADO	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
MOTOR LIMPADOR QUEIMADO	EQUIPAMENTO SEM SEGURANÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 0.5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
AR CONDICIONANDO NÃO GELA	RISCO AO OPERADOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 5h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CHAVE GERAL COM DESGASTE	MÁQUINA FICA SEM ENERGIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 1h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
RADIADOR FURADO	MÁQUINA AQUECE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
RADIADOR DE ÓLEO FURADO	SISTEMA HIDRÁULICO AQUECE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
INTERCOOLER FURADO	MÁQUINA SEM FORÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
CONDENSADOR FURADO	AR CONDICIONADO INOPERANTE. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	SEGURANÇA	MANUTENÇÃO PREDITIVA
COLETOR QUEBRADO	EXCESSO DE FUMAÇA NO MOTOR. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	ECONÔMICA	MANUTENÇÃO CORRETIVA
TURBINA COM DESGASTE NO EIXO	MÁQUINA SEM FORÇA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 8h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
CAIÇOS COM DESGASTES	MOTOR FICA DESBALANCEADO. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO PREDITIVA
ALTERNADOR QUEIMADO	NÃO CARREGA BATERIA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA
MOTOR DE PARTIDA QUEIMADO	MÁQUINA NÃO LIGA. PARADA DE PRODUÇÃO PARA CONSERTO: 2h.	OPERACIONAL	MANUTENÇÃO CORRETIVA

3.5. ANÁLISE DE WEIBULL NA MCC

Para analisar o modo de falha de um componente ou equipamento pode-se utilizar a análise de Weibull, técnica que determina alguns pontos importantes como confiabilidade, taxa de falha e fase de vida do equipamento, avaliando esses itens é possível definir uma estratégia de manutenção. A forma mais adequada utilizando uma planilha de dados para que a análise de Weibull seja eficiente é tabelar os intervalos entre falhas e utilizar o método logarítmico de Weibull que apresenta uma reta utilizando menos pontos (WILLY ANK, 2020). A Equação 5 representa o eixo X e a Equação 6 o eixo Y.

$$X = \ln(\Delta t) \quad (5)$$

Onde Δt representa o tempo entre as falhas.

$$Y = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - \frac{i-0,3}{N+0,4}} \right) \right] \quad (6)$$

Tendo i como a ordem dos dados no tempo entre cada falha e N representa o número de dados.

Através dos dados fornecidos pelo ERP, foram calculados os tempos entre falhas e organizados de forma crescente, para que assim fosse possível fazer a regressão linear para cada falha utilizando as Equações 5 e 6. A partir dos valores de X e Y foi possível calcular a probabilidade de falha em função do tempo de funcionamento utilizando a Equação 1 do Capítulo 2.5 e suas definições.

Na Tabela 4, são apresentados os valores de ordem (N), intervalo entre falhas em minutos (i), X e Y e a Probabilidade de Weibull para cada falha.

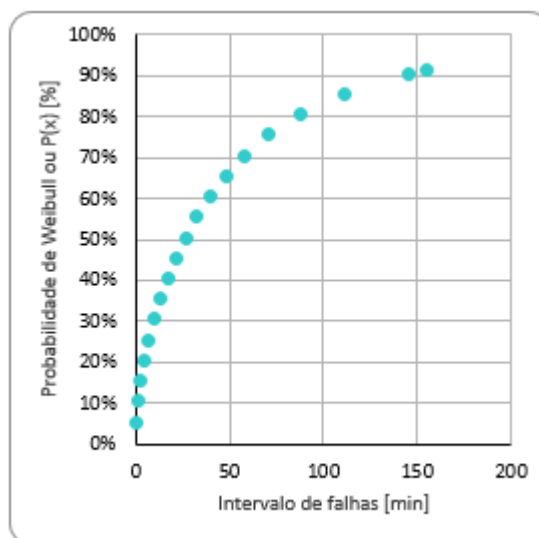
Tabela 4: Dados do histórico das pás carregadeiras para análise de Weibull

Ordem (N)	Intervalo entre falhas (i) [minutos]	X	Y	Weibull [%]
1	1	-0,426	-3,792	5%
2	1	-0,426	-2,888	5%
3	1	-0,426	-2,409	5%
4	4	1,296	-2,076	15%
5	5	1,538	-1,819	18%
6	6	1,732	-1,608	20%
7	7	1,895	-1,427	23%
8	7	1,895	-1,268	23%
9	7	1,895	-1,126	23%
10	10	2,267	-0,996	28%
11	14	2,614	-0,875	35%
12	14	2,614	-0,763	35%
13	15	2,685	-0,657	36%
14	18	2,871	-0,556	40%
15	26	3,245	-0,460	49%
16	29	3,355	-0,367	51%
17	29	3,355	-0,276	51%
18	32	3,455	-0,187	54%
19	34	3,516	-0,100	55%
20	35	3,545	-0,013	56%
21	56	4,019	0,074	69%
22	62	4,122	0,161	71%
23	63	4,138	0,250	72%
24	64	4,153	0,340	72%
25	76	4,326	0,435	76%
26	118	4,768	0,534	86%
27	129	4,857	0,641	88%
28	154	5,035	0,760	91%
29	189	5,240	0,898	94%
30	244	5,496	1,070	96%
31	244	5,496	1,336	96%

Com os dados da Tabela 4 pode-se plotar, utilizando uma planilha de dados, a Figura 7 que representa a análise de Weibull representando a probabilidade de falha vs. intervalo de falha. Observa-se que à medida que o intervalo entre falhas aumenta a probabilidade de falha também

aumenta. Para este caso, estabelecer um limite de horas totais de operação da pá carregadeira torna-se viável tendo em vista que a probabilidade de falha cresce conforme o ativo opera.

Figura 7: Análise de Weibull para falhas em pás carregadeiras: Probabilidade de falha vs. Intervalo de falhas.



3.6. ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO

A estratégia de manutenção é definida avaliando cada falha funcional utilizando o diagrama de decisões de Lafraia, 2001 conforme mostrado no Anexo I, de acordo com o diagrama as manutenções que podem surgir como estratégia são preditivas, preventivas e corretivas. O diagrama busca, sempre que possível, indicar uma manutenção preditiva ao ativo, pois além de ser menos invasiva também evita paradas inoportunas de produção, mas em alguns casos não é possível realizar este método. Sempre que tem uma falha que afeta a segurança não deve optar por uma manutenção corretiva, há a necessidade de buscar estratégias de manutenções preditivas ou programadas com foco em eliminar a falha podendo haver a necessidade de mudança no projeto original.

Para as pás carregadeiras de acordo com o diagrama de Lafraia, 2001 foram indicadas manutenções preditivas, corretivas e uma substituição programada para o caso onde teve maior ocorrência conforme os gráficos de paradas anuais apresentados no início do Capítulo 3 sendo o caso de pneu murcho ou furado.

4. RESULTADOS

Com base nas informações geradas pelo ERP da empresa que registra as paradas foi possível filtrar as paradas de manutenções para os ativos pás carregadeiras, tendo em vista que é um dos equipamentos mais importantes das empresas de fertilizantes e atualmente com o maior valor agregado. As pás carregadeiras são responsáveis pelo abastecimento de matérias-primas aos chamados misturadores que misturam e ensacam os fertilizantes, então qualquer falha nesses ativos, a produção é afetada diretamente.

As pás carregadeiras tem um completo plano de preventivas que é baseado nas horas trabalhadas do ativo com trocas de componentes e inspeções indicadas no manual do equipamento, esse plano é muito completo para garantir uma vida útil prolongada do ativo, porém o equipamento opera em um ambiente altamente corrosivo diminuindo consideravelmente a vida útil de alguns componentes.

Analisando a Tabela de Paradas Totais que está no Anexo II pode-se notar que o ativo tem diversas pequenas paradas causadas por problemas em itens que são considerados simples e de fácil manutenção como pneus, *cardans*, espelhos, chave geral, mangueiras, coletores, etc. tendo em vista que a pá carregadeira possui bombas hidráulicas, diversos sensores que são de complexidade maior na hora da manutenção. Mas essas falhas em itens simples, no somatório geral anual conforme os gráficos do Capítulo 3 geram paradas significativas e que são possíveis de serem evitadas.

Com o objetivo de dar mais disponibilidade e confiabilidade ao ativo, reduzindo essas pequenas paradas, o autor deste trabalho, que é programador de manutenção junto com o time de manutenção da empresa (líder e técnicos mecânicos) criaram um *check list* com periodicidade quinzenal para avaliar esses itens considerados mais simples e com isso poder realizar manutenções do tipo substituição ou corretiva programada. No Apêndice I é apresentado o *Check List* Quinzenal de Pás Carregadeiras, ele é registrado no sistema de gerenciamento de manutenção através de uma Ordem de Serviço para que o programador lance os registros após o preenchimento realizado pelos técnicos, gerando assim registro para controle e futuras melhorias no plano caso necessário.

5. CONCLUSÃO

As pequenas paradas ocorridas por falhas nas pás carregadeiras passavam despercebidas ou não tinham relevância quando comparadas com demais paradas que a produção apresenta, mas o presente trabalho trouxe uma nova visão para tais paradas, mostrando que no somatório final anual o número é significativo e na atualidade onde o preço do fertilizante subiu mais de 150%, essas pequenas paradas representam muito no balanço final da empresa.

A partir dos dados de paradas do ERP da empresa foi possível mapear essas paradas e desenvolver um estudo em cima desses dados usando o método da Manutenção Centrada em Confiabilidade que analisa as funções e falhas funcionais, posteriormente utilizando o FMEA foi analisado os modos e efeitos de falhas, tendo por fim suas consequências identificadas e tipos de manutenções indicadas para cada falha.

Finalizou-se o estudo com a elaboração de um *check list* quinzenal para as pás carregadeiras que será implementado e realizada a checagem pelos técnicos mecânicos, pretende-se melhorar os resultados de confiabilidade e disponibilidade dos ativos, tendo em vista que avaliando um dos itens mais críticos de paradas que é a falha por pneu furado ou murcho apresenta uma média anual de mais de 190 minutos, para uma planta que produz 60 toneladas por hora de um produto que é comercializado a mais de R\$ 5.000,00 cada tonelada, é possível afirmar que o *check list* após implementado e prevenindo falhas como essa em pneus já mostrará grandes resultados financeiros positivos. Isso mostra que o estudo e aplicação do MCC foi realizado com sucesso apresentando resultados positivos alcançados e benefícios futuros a empresa.

Apesar da falha em pneus ter se apresentado como a principal ocorrência em 3 anos dos 4 analisados, o time da manutenção não julgou vantajoso criar um plano de ação ou manutenção específico para eles, pois esses itens para este modelo de pá carregadeira tem um custo bem elevado, não seria possível trocar de uma única vez. O *check list* para uma possível substituição programada torna-se a intervenção com melhor custo benefício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT,1994.

FOGLIATTO, F.S., RIBEIRO, J. L. D. “**Confiabilidade e Manutenção Industrial**”. Elsevier, 2009.

KARDEC, A., NASCIF, J.; “**Manutenção: Função Estratégica**”, Qualitymark Editora Ltda, 2ª edição,2001

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAFRAIA, J.R.B. “**Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**”. Qualitymark, 5a reimpressão, 2014.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L.; “**Manutenção – Combate aos custos da não-eficácia – a vez do Brasil**”. MAKRON Books: McGraw-Hill, 1993.

MOUBRAY, J.; “**Manutenção Centrada em Confiabilidade – RCM**”, 1a (edição brasileira). Editora Aladon Ltda., 2001.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. London: Butterworth Heinemann, 1992.

ROUSSENQ, F. R.; “**Plano de manutenção para uma prensa hidráulica para conformação de borracha usando o método de Manutenção Centrada em Confiabilidade**”. Porto Alegre, 2021.

RUSCHEL, P. S.; “**O estudo de uma estratégia de manutenção para prensa hidráulica-pneumática**”. Porto Alegre, 2019.

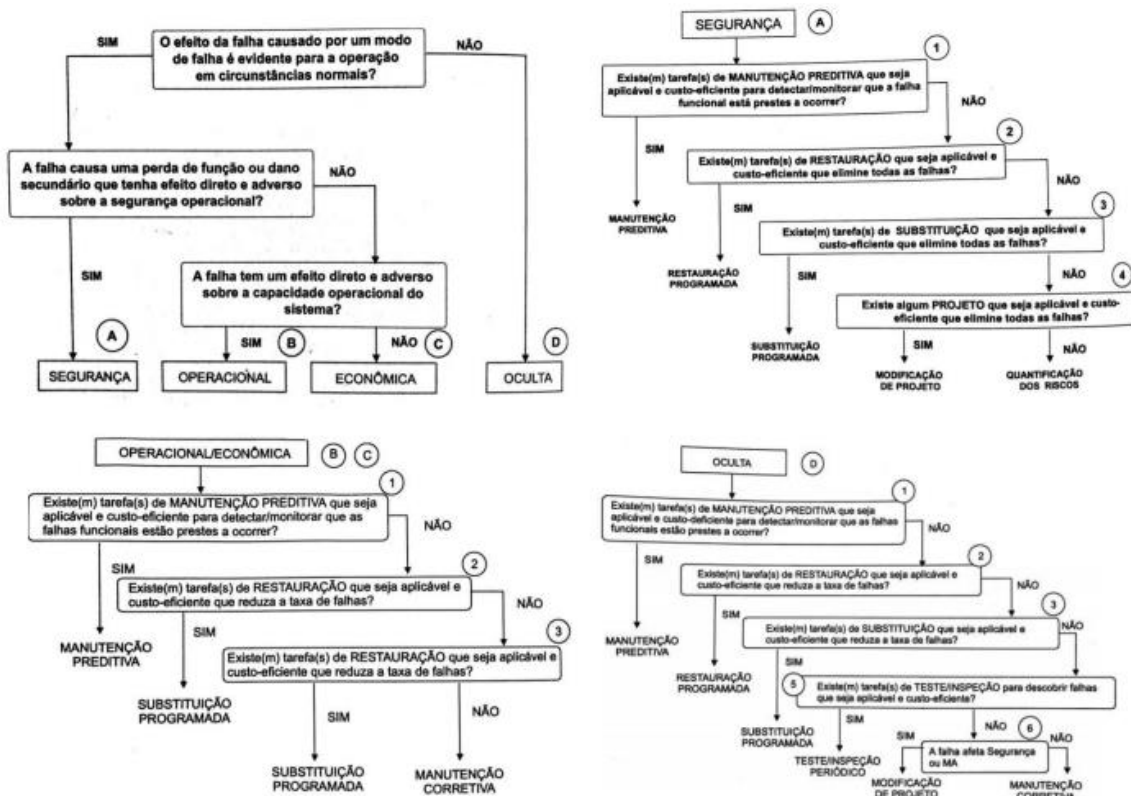
SIQUEIRA, I. P.; “**Manutenção Centrada em Confiabilidade – Manual de Implementação**”. Rio de Janeiro, 1a ed., Editora Qualitymark Ltda., 2005.

VIANA, H. R. G. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2002.

1 e 2a aulas de Probabilidade e Estatística na Confiabilidade. Publicado por Willy Ank - Soluções para o Setor Metal-Mecânico, [S. l.: s. n.], 12 dez. 2020. 1 vídeo (9min 6seg). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DSY5wPjbwNA>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ANEXO

ANEXO I: Diagrama de decisões para consequência de modo de falha. Fonte: Lafraia, 2001



ANEXO II: Tabela de Paradas Totais 2016 a 2019. Fonte: ERP Empresa

Data	Misturador	Tu mo	Cod Motivo	Descricao Parada	Classificacao	Tipo de problema	Tempo Parada
09/05/2016	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	10
10/07/2016	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	25
08/08/2016	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	31
09/09/2016	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	10
04/11/2016	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no mancal	6
08/08/2016	2	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	7
11/08/2016	2	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	13
12/08/2016	2	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	25
27/10/2016	2	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	15
19/05/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	10
21/06/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	11
22/06/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	10
28/06/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	12
29/06/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	15
21/07/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	16
26/07/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	28
29/07/2016	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	16
03/08/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	12
12/08/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	5
15/08/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	37
15/08/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	15
17/08/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	11
02/09/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	8
26/09/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	13
28/09/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	20
29/09/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	12
31/10/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	50
08/11/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	15
18/11/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	6
28/11/2016	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	15
05/05/2016	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	7
07/10/2016	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	18
17/10/2016	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	9
27/10/2016	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	15
07/04/2017	1	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	9
03/08/2017	1	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no ar condicionado	15
17/08/2017	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	16
01/09/2017	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador de óleo hidráulico	13
03/11/2017	1	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	13
10/11/2017	1	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no condensador	11
10/11/2017	1	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na mangueira radiador	6
16/11/2017	1	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no coletor	10
10/02/2017	2	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Farol não liga	10
08/03/2017	2	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	15
17/07/2017	2	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador de óleo hidráulico	10
18/07/2017	2	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no coletor	85
28/08/2017	2	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	7
22/03/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	14
13/05/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	7
28/06/2017	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Farol não liga	8
29/06/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	8
07/08/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no mancal	66
13/09/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	26
15/09/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	15
03/11/2017	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na mangueira do radiador	41
07/06/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	20
19/06/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	103
14/07/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	26
10/08/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	51
29/08/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	81
29/08/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	16
11/09/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	75
11/09/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	7
26/09/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no coletor	33
14/10/2017	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema nas portas	70

18/07/2018	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na turbina	27
18/07/2018	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	135
02/10/2018	1	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	7
31/10/2018	1	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	8
05/11/2018	1	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema nas portas	8
17/01/2018	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	9
15/08/2018	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	10
01/10/2018	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	20
11/10/2018	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema nas portas	10
11/10/2018	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Mangueira hidráulica vazando	15
31/10/2018	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	20
03/05/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	13
15/05/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	25
21/05/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	40
18/06/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	13
02/07/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	6
03/07/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	0
03/07/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	10
03/07/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	13
13/07/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	20
16/07/2018	3	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema nas portas	20
14/08/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	19
05/10/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na turbina	14
06/12/2018	3	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	15
06/04/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	9
09/04/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	20
07/05/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	38
04/06/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	18
07/06/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	53
08/06/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Mangueira hidráulica vazando	100
13/07/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no ar condicionado	70
17/07/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	47
24/07/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	58
26/07/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no condensador	52
08/08/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Mangueira hidráulica vazando	29
03/09/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no mancal	19
25/09/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	25
26/09/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	18
09/10/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	4
08/11/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	50
28/11/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	24
29/11/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	86
29/11/2018	4	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	47
11/12/2018	4	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	43
13/05/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	10
20/05/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	14
24/05/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Mangueira hidráulica vazando	5
27/06/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	7
15/07/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	5
25/07/2019	1	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	8
29/08/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	13
24/09/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	10
27/11/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no ar condicionado	13
28/11/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na cruzeta	20
12/12/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Farol não liga	10
13/12/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	10
13/12/2019	1	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	13
26/03/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	10
24/04/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no esticador de correia	6
10/05/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	10
13/05/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	0
28/05/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na turbina	5
03/06/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	5
18/06/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	20
11/07/2019	2	2	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no ar condicionado	5
16/09/2019	2	1	16 Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no mancal	5

30/09/2019	2	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	25
23/10/2019	2	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no cardan	6
11/01/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	10
17/01/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no ar condicionado	20
12/04/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no mancal	5
12/04/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	9
13/04/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	40
13/04/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	16
17/05/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	15
23/05/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	8
17/06/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	10
18/06/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	20
19/06/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	6
20/06/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no intercooler	9
28/06/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	2
03/07/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no motor de partida	10
17/07/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no coletor	10
17/07/2019	3	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	5
14/08/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	13
28/08/2019	3	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	17
01/10/2019	3	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	2
08/01/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema na bateria	50
09/04/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	15
03/07/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Pneu furado/murcho	14
15/07/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	40
22/07/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	7
23/10/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	6
25/10/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	5
04/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	6
06/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina sem diesel	5
08/11/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	30
08/11/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	10
11/11/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	35
11/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	7
12/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	5
12/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	36
13/11/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	20
14/11/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	7
18/11/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no radiador	15
18/11/2019	4	3	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	7
02/12/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Óleo baixo	5
05/12/2019	4	2	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	7
07/12/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Manguera hidráulica vazando	21
09/12/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Máquina não liga	5
12/12/2019	4	1	16	Defeito na Pá carregadeira	Manutenção	Problema no alternador	5

APÊNDICE

APÊNDICE I: *Chek list* quinzenal de pás carregadeiras

MÁQUINA		HORÍMETRO	FUNCIONÁRIO	DATA	OS
PÁ CARREGADEIRA				__/__/__	
ESTRUTURA GERAL					
ITENS	CHECK OK/NOK	OBSERVAÇÕES			
PINOS					
BUCHAS					
CAIXA DE BATERIAS					
PROTEÇÕES					
PNEUS E AROS					
ESCADA					
CONCHA					
ESPELHOS					
SUPORTES EM GERAL					
CONTRAPESOS					
PARALAMAS					
PORTAS					
CAPO					
H					
SISTEMA HIDRÁULICO e TREM DE FORÇA					
ITENS	CHECK OK/NOK	OBSERVAÇÕES			
MANGUEIRAS					
NÍVEL DO ÓLEO					
CILINDROS					
ACUMULADORES					
CARDANS					
CRUZETAS					
MANCAL					
EIXOS					
SISTEMA ELÉTRICO e CABINE					
ITENS	CHECK OK/NOK	OBSERVAÇÕES			
CABOS, CABO DA CENTRAL DE COMANDO					
CHICOTES					
CONECTORES					
FARÓIS, BUZINA, SIRENE DE RÉ					
MOTOR DO LIMPADOR DO PARABRISA					
LIMPADOR DE PARABRISA					
SINALEIRAS					
AR CONDICIONADO					
CHAVE GERAL					
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE FLUÍDOS					
ITENS	CHECK OK/NOK	OBSERVAÇÕES			
RADIADORES					
INTERCOOLER					
CONDENSADOR					
MANGUEIRAS					
MOTOR					
ITENS	CHECK OK/NOK	OBSERVAÇÕES			
VERIFICAR VAZAMENTOS					
VERIFICAR NÍVEL E CONDIÇÕES DO ÓLEO					
VERIFICAR COLETOR/CABOS					
VERIFICAR TURBINA/BICOS					
VERIFICAR CAIÇOS E OUTRAS FIXAÇÕES					
VERIF. ALTERNADOR/CORREIAS/ SUPORTE					
VERIFICAR MOTOR DE PARTIDA					
VERIF. IND. DE COMBUSTÍVEL					
OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:					