



Faculdade
Internacional
da Paraíba

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Faculdade Internacional da Paraíba

¹Joelson Thales Vasconcelos de Figueiredo

²Eloíde Teles Silva Grisi

¹Graduando em Engenharia Mecânica, Faculdade Internacional da Paraíba – FPB

²Professora Mestre da Coordenação das Engenharias, e-mail: eloide.grisi@animaeducacao.com.br

Indicadores de manutenção: um estudo de caso em máquinas agrícolas em fábrica de cimento.

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Vasconcelos Claudino Filho

*João Pessoa – PB
Junho, 2023*

Resumo

Este artigo tem como objetivo diminuir o tempo que as máquinas agrícolas ficam paradas no processo de limpeza e varrição de ruas com implemento de vassoura conectada em um trator dentro de uma fábrica cimenteira que opera na exploração de calcário, fabricação e comercialização de cimento, localizada na cidade de João Pessoa no estado da Paraíba. Este trabalho é um estudo de caso de caráter exploratório, explicativa e documental. Os dados coletados foram feitos a partir de documentos preenchidos pelos próprios operadores das máquinas e verificado pelo supervisor do serviço. No decorrer do estudo os resultados dos indicadores de manutenção: Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), do Tempo Médio de Reparos (MTTR) e da disponibilidade foram armazenados e analisados para identificar as possíveis causas para um número alto de paradas. Na sequência um novo estudo foi colocado em prática, agora para identificar as perdas do processo de manutenção e tratá-las. A partir desse estudo conclui-se que a informação de dados aliado com recursos tecnológicos se faz necessários para qualquer empresa sendo ela de grande ou de pequeno porte. Ter um histórico de dados de todos os seus equipamentos é um grande passo para desenvolvimento e controle dos seus ativos.

Palavras-Chave: indicadores de manutenção; máquinas agrícolas; calcário.

Abstract

This paper aims to reduce the time that agricultural machines are stopped in the process of cleaning and sweeping streets with a broom implement connected to a tractor inside a cement factory that operates in the exploration of limestone, manufacture and commercialization of cement, located in city of João Pessoa in the state of Paraíba. This work is an exploratory, explanatory and documentary case study. The collected data were made from documents completed by the machine operators themselves and verified by the service supervisor. During the study, the results of the maintenance indicators: Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR) and availability were stored and analyzed to identify the possible causes for a high number of stops. Next, a new study was put into practice, now to identify losses in the maintenance process and treat them. From this study, it is concluded that data information combined with technological resources is necessary for any company, whether large or small. Having a data history of all your equipment is a big step towards the development and control of your assets.

Keywords: maintenance indicators; agricultural machinery; limestone.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um cenário econômico desafiador com preços dos itens oscilando a todo instante, peças de reposição em falta, e quando encontramos as mesmas custam caro. O mesmo acontece com mão de obra. Encontrar profissionais qualificados pronto para exercer as atividades está difícil. Uma pesquisa realizada pelo *manpowergroup* apontou que a falta de mão de obra qualificada no Brasil atingiu a marca de 81% em 2022, a média global é de 75% (GARCIA, 2022). Manter um bom plano de manutenção requer um comprometimento de todos os envolvidos, tanto dos líderes quanto dos liderados. Para uma empresa ser eficiente, garantir a produtividade e manter os custos de produção conforme o planejado, é necessário fazer a manutenção de suas máquinas.

A indústria cimenteira é uma fábrica cujo o seu produto final é o cimento, a partir de suas principais matérias primas: calcário e argila, que passam por diversos processos. Até o ano de 2014 o mercado de cimento no Brasil era composto por 24 grupos cimenteiros, nacionais e estrangeiros, com 100 plantas que produziam clínquer que é o resultado da queima das matérias primas nos fornos e/ou cimento que por sua vez é o resultado da moagem do clínquer nos moinhos verticais ou horizontais. O cimento está presente em todo o tipo de obra, das mais simples até as mais complexas que você pode imaginar (CIMENTO.ORG).

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção tem como desafio a minimização das falhas prematuras ou falhas de mortalidade infantil que ocorrem em pelo menos dois padrões de falhas definidos no estudo da *United Airlines*.

1.1 Manutenção industrial e seus tipos:

A palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, com ligação aos homens há muitos anos, desde o início dos manuseios de instrumentos de produção (VIANA, 2002).

Com base na norma 5462 da ABNT (1994), a manutenção é definida do seguinte modo: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

As principais políticas de manutenção são: A manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Portanto existem outros tipos de manutenção que são capazes de direcionar as intervenções nas máquinas, sendo: manutenção detequitiva, planejada. Onde o critério considerado para tal intervenção nos instrumentos, deixa em evidencia a necessidade de um consenso em algumas variações irrelevantes de acordo com os tipos de manutenção.

1.1.1 Manutenção preventiva

É o tipo de manutenção com base em horas de vida útil, sendo programada de forma sistemática, ou seja, a manutenção preventiva é feita em intervalos regulares. Para isso, considera-se o tempo de trabalho como parâmetro para a troca dos

componentes. Quando se utiliza esse tipo de manutenção industrial o objetivo é evitar as falhas futuras, pois já se sabe quanto tempo uma peça pode trabalhar.

Para Otani (2008), a manutenção preventiva é um método de controle realizado para redução de falhas ou declínio no desempenho, através de um planejamento fundamentado em períodos estabelecidos de tempo. Uma das garantias de sucesso de uma boa preventiva está na determinação dos intervalos de tempo.

1.1.2 Manutenção corretiva

Podemos definir esse tipo de manutenção como o reparo de um equipamento após alguma inconsistência ou falha total. Visa corrigir os problemas que podem prejudicar o desempenho das máquinas. Por exemplo: falhas nos maquinários, acidentes, quedas, quebras, erros na operação, entre outros fatores. Kardec e Nascif (2009) definem manutenção corretiva como a atuação para a correção da falha ou do desempenho exercido pelo equipamento ou sistema, menor do que o esperado.

Para Viana (2002), a manutenção corretiva é a intervenção que se faz necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente.

1.1.2 Manutenção preditiva

De acordo com a norma 5462 da ABNT (1994), a manutenção preditiva tem o objetivo de prever a situação do equipamento e encontrar falhas em estágio inicial. Esse tipo de manutenção caracteriza-se pela previsibilidade da deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos parâmetros principais, com o equipamento em funcionamento. Para Otani e Machado (2008), a manutenção preditiva é a realização de algumas atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que informam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, objetivando definir a necessidade ou não de intervenção.

Lima e Arantes, (2008) afirmam que a manutenção preditiva tem como campo de atuação uma grande ampliação, sendo que em determinado equipamento ou instalação é possível anexar pelo menos um conceito de aplicação, alguns exemplos são a análise de vibração, ferrografia, termografia, ultrassom e análise de pressões.

2. Indicadores de manutenção

Os indicadores de manutenção podem ser compreendidos como um conjunto de medidas e dados numéricos que permitem o acompanhamento e quantificação dos processos monitorados, o que os tornam pontos fundamentais nas tomadas de decisões. Cabe afirmar que os indicadores não são só utilizados no acompanhamento dos desafios da manutenção, mas também no que tange a sua rotina diária (VIANA, 2002).

2.1 MTBF: *Mean Time Between Failures*

O MTBF (tempo médio entre falhas) é um dos indicadores mais importantes para o setor de manutenção. Ele é necessário para medir o tempo total de bom funcionamento médio entre as falhas de um equipamento reparável, sendo uma ótima forma de mensurar a confiabilidade da máquina. Logicamente, quanto maior o MTBF,

melhor, já que os equipamentos estão demorando mais para falharem, ou seja, você alcançou uma frequência menor de quebras.

Viana (2002), destaca que o MTBF é calculado pela divisão entre a soma das horas disponíveis do equipamento para a operação pela quantidade de intervenções corretivas realizadas no equipamento no período. O cálculo do MTBF é feito a partir da equação 01.

Equação 01, MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total de bom funcionamento da máquina}}{\text{Número de intervenções realizadas}}$$

2.2 MTTR: *Mean Time To Repair*

O MTTR está muito associado à manutenibilidade, ou seja, a facilidade que uma equipe de manutenção encontra em fazer um equipamento voltar a executar suas funções após uma falha. Este indicador significa o tempo médio para reparo de um equipamento. Com a diminuição do MTTR ao passar do tempo, significa que a manutenção está aumentando a eficiência, pois as intervenções corretivas se tornam cada vez menos importante. A equação 02 mostra que o MTTR é obtido pela divisão do somatório do tempo indisponível de operação devido a intervenções da manutenção (incluindo manutenções corretivas e preventivas), pelo número total de intervenções (VIANA, 2002).

Equação 02, MTTR

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo total de reparo da máquina}}{\text{Número de intervenções realizadas}}$$

2.3 Disponibilidade

Disponibilidade refere-se à capacidade de um item de estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, considerando-se para isso a combinação de aspectos de confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (KARDEC e NASCIF, 2009). A equação 03 mostra o cálculo da disponibilidade de um equipamento.

Equação 03, Disponibilidade

$$\text{DISP.} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento do presente artigo, foi um estudo de caso e implantação de ferramentas de controle em uma unidade cimenteira. O estudo foi aplicado entre os meses de janeiro de 2023 a março de 2023. Esta unidade foi escolhida devido aos problemas apresentados e de fácil acesso aos

3.2 Planilha de controle de funcionamento

A figura 02 representa um documento de controle de funcionamento que foi criado para identificar o tempo em que as máquinas ficam operando e o tempo que elas ficam paradas. Foi feito um treinamento com os operadores para que eles fossem os responsáveis pelo preenchimento, dessa forma conseguimos armazenar dados o suficiente para aplicar os indicadores de manutenção em todos os equipamentos.

Este documento tem como objetivo informar o tempo que cada equipamento ficou funcionando e tempo que ficou parado, além de conter várias informações do equipamento como por exemplo: Horímetro e placa do veículo. O preenchimento dessa planilha é diário e têm uma avaliação a cada 30 dias.

Figura 02, planilha de controle

EQUIPAMENTO		OPERADOR		PLACA / NÚMERO		MÊS		CÓD.		TM-04																								
								VER.		1																								
								ANO		2023																								
CONTROLE DE FALHAS																																		
DATA (primeiro dia de trabalho)		1ª SEMANA		2ª SEMANA		3ª SEMANA		4ª SEMANA																										
HORIMETRO SEMANAL																																		
TEMPO EM HORAS DE CADA DIA DO MÊS																																		
INDICADOR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
FUNCIONANDO																																		
PARADO																																		
OBSERVAÇÕES:																																		
PARADO: Por motivo de defeito, quebras entre outros. OBS: informar apenas as horas trabalhadas ou horas de equipamento parado. Este Checklist foi desenvolvido para ser preenchido Diariamente. Ao término do mês, recolher o arquivo e enviar para o setor responsável.				ASSINATURAS																														
				OPERADOR				ENCARREGADO																										

Fonte: Autor

3.3 Máquinas do estudo

O grupo cimenteiro em conjunto com a empresa terceirizada forneceram três equipamentos para análise e implantação dos indicadores de manutenção, esses equipamentos são os que mais quebram. As máquinas que fizeram parte do estudo foram: Foto 01; um trator New Holland TT75 com tração 4x4, Foto 02; uma mini carregadeira CASE SR 175 (Bobcat) com tração 4x4 e foto 03; um implemento chamado de varredeira CMV 2200. Essas máquinas trabalham em período de 14 horas por dia, de segunda a sábado.

Foto 01 Trator



Foto 02 Mini carregadeira



Foto 03 Varredeira



Fonte: Arquivo pessoal

4. Análise inicial

Os resultados a seguir foram para do primeiro mês de estudo nas máquinas, onde os problemas são constantes devido ao processo que as máquinas estão expostas. O gráfico 01 mostra os resultados coletados do MTBF, o gráfico 02 os do MTTR e o gráfico 03 da disponibilidade dos equipamentos.

O gráfico 01 de MTBF indica um resultado não satisfatório para as máquinas: mini carregadeira (Bobcat) e Varredeira. Ambas estão com índice de MTBF baixo, indicando que as máquinas estão apresentando falhas constantes. Quanto maior esse índice, melhor, é o caso do Trator que, apesar da falta de manutenção preventiva apresenta um MTBF satisfatório para a condição apresentada.

O gráfico 02 de MTTR apresenta o tempo médio que leva para a máquina ser concertada, quanto menor esse tempo, melhor. Os três equipamentos apresentam uma média de tempo parecido.

O gráfico 03 corresponde a disponibilidade das máquinas. Inicialmente a empresa não tinha uma referência para seguir como base para essa disponibilidade.

Gráfico 01 MTBF

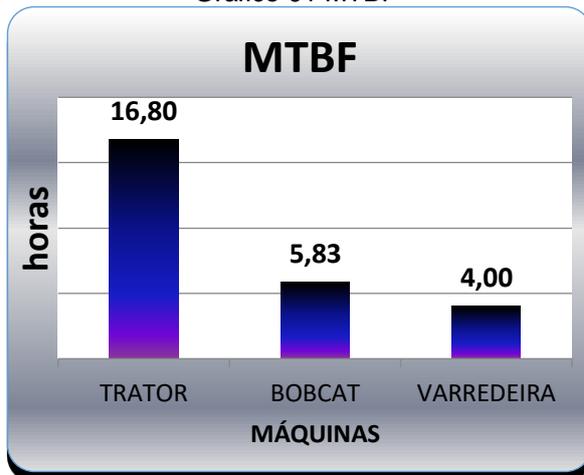


Gráfico 02 MTTR

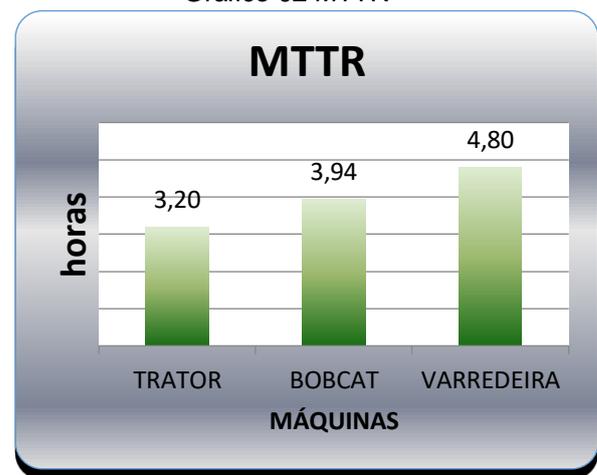
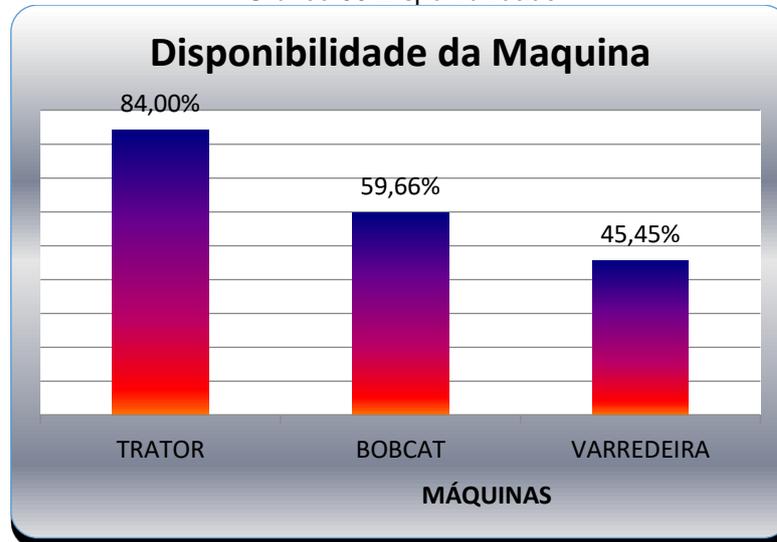


Gráfico 03 Disponibilidade



Fonte: Autor

5. Aplicação e Resultados

Os resultados apresentados mostram todo um trabalho que foi feito para minimizar as horas perdidas com quebra, falhas, defeitos de componentes mecânicos das máquinas. Foi criado para todas as máquinas um plano de manutenção preventivo com o objetivo de eliminar pequenos problemas no processo de trabalho. Seguindo o plano de manutenção foi feita uma inspeção geral em todos os três equipamentos do estudo e foi reparado tudo que estava apresentando problemas, como por exemplo: vazamentos de óleos, filtros desgastados entre outros.

O quadro 01 apresenta o plano de manutenção que foi implantado para o controle dos diversos componentes mecânicos de cada máquina. Esse plano de manutenção foi criado de acordo com manual do operador do fabricante.

Quadro 01, plano de manutenção

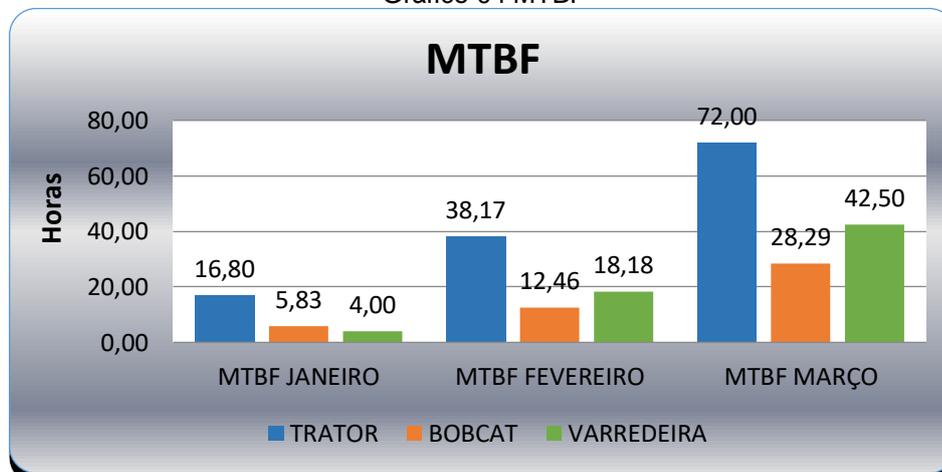
VERIFICAÇÕES A FRIO, PONTOS DE MANUTENÇÃO E NÍVEIS DE FLUIDO PRÉ- PARTIDA					
ITENS À VERIFICAR:	IDENTIFICAÇÃO	Data:	04/02/2023		
TRATOR NEW HOLLAND TT75	1	Revisão:	3		
		Código:	TM-04		
		Período para verificação			
OPERAÇÃO		10h	250h	500h	1000h
MOTOR					
Nível e Qualidade do Líquido de Arrefecimento	VERIFICAR	X			
Sistema de Arrefecimento	DRENAR E ABASTECER			X	X
Nível de Óleo	VERIFICAR	X			
Óleo e Filtros	TROCAR		X	X	X
Filtro de óleo da direção hidrostática	LIMPEZA		X	X	
Elemento Externo do Filtro de Ar	VERIFICAR, LIMPEZA E TROCAR	X		X	X
TRANSMISSÃO, EIXOS E DIREÇÃO					
Nível de Óleo da Transmissão	VERIFICAR	X			
Filtro da Transmissão	TROCAR		X	X	X
Pressões / Estado dos Pneus	VERIFICAR	X			X
SISTEMA HIDRÁULICO					
Nível do Óleo	VERIFICAR	X			
Óleo e Filtros	TROCAR		X	X	X
Cilindros Hidráulicos – Estado da Cromagem	VERIFICAR	X			
Radiador de Óleo Hidráulico	LIMPAR				X
Tampa do Tanque Hidráulico (c/ filtro integrado)	VERIFICAR				X
FREIOS					
Nível do Fluido do Sistema dos Freios	VERIFICAR	X			
Fluido do Sistema dos Freios	TROCAR				X
Freio Estacionamento	VERIFICAR E AJUSTAR				X
SISTEMA ELÉTRICO					
Estado e Aperto dos Terminais da Bateria	VERIFICAR	X			
Atrito / Passagem da Fiação	VERIFICAR	X			
CARROCERIA					
Todos os pinos e buchas	VERIFICAR E LUBRICAR COM GRAXA	X			
Folga nos pedais de freio e embreagem	VERIFICAR	X			

Fonte: Autor

Como a manutenção foi realizada em todas as máquinas do estudo e seguindo todos os documentos implantados em conjunto com os indicadores de manutenção, os resultados serão mostrados nos gráficos 04, 05 e 06.

O gráfico 04 mostra os resultados de três meses de implantação do indicador de manutenção MTBF (tempo médio entre falhas), nas três máquinas. O mês de janeiro apresenta a situação inicial das máquinas, sem o plano de manutenção. Entretanto os meses de fevereiro e março seguem o plano de manutenção. Citando como exemplo: a máquina varredeira apresentava inicialmente um MTBF de 4 horas apenas, após dois meses de implantação do plano de manutenção o MTBF foi para 42,50 horas, ou seja, o resultado foi positivo. É notório perceber que os resultados também melhoraram nos demais equipamentos.

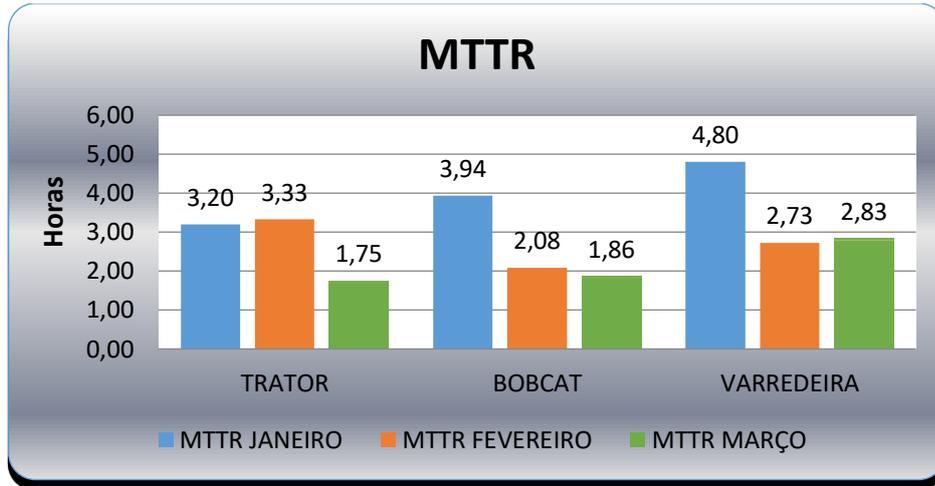
Gráfico 04 MTBF



Fonte: Dados coletados (2023)

O gráfico 05 apresenta os resultados do MTTR (tempo médio de reparo) para o mesmo período citado anteriormente, os dados informados no mês de março indicam uma melhora considerável no tempo de reparo de cada máquina em comparação ao mês de janeiro. A máquina varredeira por exemplo, apresentava um tempo médio de reparo de 4,8 horas, ou seja, o equipamento ficava parado quase 5 horas para fazer uma manutenção corretiva, logo com apenas três meses de trabalho inteligente e tecnológico conseguimos baixar esse tempo de trabalho para mais ou menos 3 horas.

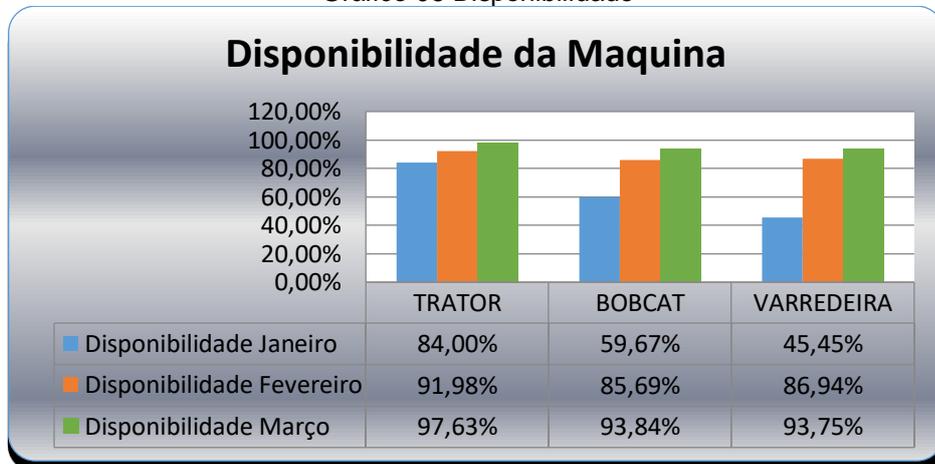
Gráfico 05 MTTR



Fonte: Dados de pesquisa (2023)

A disponibilidade das máquinas apresentada no gráfico 06, mostra exatamente os dados coletados nos três primeiros meses da implantação dos indicadores e do plano de manutenção. Dentre as três máquinas estudadas no mês de janeiro, apenas o trator apresentava um índice de disponibilidade maior que 80% enquanto os demais equipamentos não atingiram 60%. O mês de janeiro representa as disponibilidades iniciais dos equipamentos antes da implantação do plano de manutenção e das intervenções realizadas. Os meses de fevereiro e março, as disponibilidades das máquinas analisadas tiveram um aumento significativo, atingindo um valor superior a 85%.

Gráfico 06 Disponibilidade



Fonte: Dados de pesquisa (2023)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como características mostrar de forma objetiva, qualitativa e quantitativa os resultados dos indicadores de manutenção: (MTBF, MTTR e disponibilidade das máquinas), aliado a um plano de manutenção pode contribuir para um bom funcionamento dos ativos de uma empresa. Inicialmente os equipamentos ficavam mais tempo parados do que funcionando. A oficina trabalhava apenas para colocar a máquina para funcionar, praticamente em regime contínuo, ou seja, não havia manutenção preventiva, realizavam apenas manutenção corretiva, não tinham peças de reposição para determinados componentes mecânicos. Com muito esforço e trabalhando em equipe foi possível calcular os tempos médios de bom funcionamento (MTBF) e o tempo médio de reparo (MTTR) das máquinas. Com a coleta desses dados foram feitas manutenção geral nos três equipamentos, para que eles ficassem em condições de uso. Algumas peças de reposição foram compradas para fazer um pequeno estoque na oficina. Aos poucos as intervenções para manutenções corretivas foram diminuindo. Logo, vimos que os indicadores de manutenção são fundamentais quando se deseja monitorar uma grande quantidade de atividades e serviços. Através deles foi possível identificar pontos a serem melhorados e possíveis falhas que não eram claras durante o processo mantenedor.

Apesar de pouco tempo de implantação das ferramentas de manutenção nesses equipamentos, é notório a importância que os indicadores de manutenção trazem para o acompanhamento dos ativos dentro da empresa. As disponibilidades das máquinas atingiram 90% em março 2023. De maneira geral o estudo de implantação dos indicadores de manutenção nesta unidade teve um resultado positivo, contudo as ferramentas tecnológicas aliada a profissionais qualificados e empresas dispostas a investir em manutenção preventiva, têm um impacto positivo, tanto em relação a continuidade das tarefas executadas quanto em relação à diminuição dos custos relacionados a manutenção.

REFERÊNCIAS:

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). Confiabilidade e manutenibilidade: NBR ISO 5462. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CIMENTO no Brasil. Cimento.org, 2019. Disponível em: <<https://cimento.org/cimento-no-brasil/>>. Acesso em: 08 de fev. de 2023.

GARCIA, Amanda. Escassez de mão de obra no Brasil. CNN Brasil, São Paulo, 21 de jun. de 2022. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/escassez-de-mao-de-obra-qualificada-no-brasil-atingiu-81-em-2022-diz-pesquisa>>. Acesso em: 15 de mar. de 2023.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção Função Estratégica. 3. Ed. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2009

LIMA, W. C.; ARANTES, J. A. S. Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e vantagem competitiva. XIII, SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, v. 6, 2008.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista gestão Industrial, Ponta Grossa, v.4, n. 2, p. 1-16, 2018.

VIANA, H. R. PCM Planejamento e Controle da manutenção. Ed. Rio de Janeiro: Quality Mark 2002