



MANUTENÇÃO PREDITIVA EM INDÚSTRIA DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS

Cassiano Anthony de Melo Rocha¹
Jhonathan dos Santos Viana¹
Carlos Eduardo Marques Cerqueira²
Irlane Bastos Costa²
João Antonio Sabino Júnior²
Douglas Delazarri Martins²
Rieder de Oliveira Neto²

rieder.neto@gmail.com

Área de conhecimento: Engenharias

RESUMO

A manutenção é um setor fundamental para o desenvolvimento de uma indústria e para o crescimento do mercado. A evolução industrial permitiu que o setor se destacasse e procurasse melhorias para combater as quebras de equipamentos, para que os lucros sejam maiores do que os previstos pelas empresas. O objetivo do presente estudo foi avaliar a implementação da manutenção preditiva em uma indústria de commodities agrícolas que recebe, beneficia novamente e exporta café e está localizada na cidade de Matipó/MG. Para isso, avaliaram-se dados coletados dos equipamentos da empresa por meio de uma técnica de manutenção preditiva. Também foram avaliadas as horas nas quais esses equipamentos se encontravam desligados e o custo que essa parada acarretou para a empresa. Os resultados mostram a redução dos gastos após o controle sistemático por meio da implementação da manutenção preditiva no setor de benefício da indústria. Conclui-se, então, que as práticas de manutenção aplicadas com apoio de gestão e controle, são essenciais para a redução de custos.

Palavras-chave: manutenção; lubrificação; café.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio tem participação fundamental na economia do Brasil, desde os agro serviços até o comércio de exportação. O grande volume de commodities agrícolas resultou em uma maquinaria robusta e eficiente para que o produto chegasse sem atraso ao consumidor. Aliado a isso, surgiu a preocupação com o

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG

² Professores do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG



meio ambiente, resultando em técnicas de engenharia para reduzir a emissão de poluentes.

Com a expansão do uso de máquinas agrícolas no processo produtivo, o setor de engenharia de manutenção foi valorizando-se devido às altas demandas de commodities no mercado, exigindo maior durabilidade dos componentes dos equipamentos. Com isso, a necessidade de um plano de manutenção é fundamental, utilizando-se técnicas e ferramentas que contribuam para o funcionamento constante das empresas do agronegócio.

Como afirma Labre (2019), essas técnicas de manutenção são constituídas por quatro pilares: manutenção corretiva, preventiva, proativa e preditiva — destacando-se a preditiva. Com a ajuda de dados coletados por inspeções e monitoramentos, essa técnica de manutenção utiliza diferentes tipos de testes, como a análise de vibração, inspeção visual, análise termográfica e técnicas de análise não destrutivas (GALLI, 2017).

A aplicação dessa técnica na indústria assegura um plano de ação para que se trate a falha antes da quebra (TOAZZA e SELLITO, 2015, apud LABRE, 2019), diminuindo, então, os custos de uma manutenção corretiva, a qual, por sua vez, impacta diretamente na parada de equipamento. Neto e Lima (2002) defendem a ideia de que a manutenção corretiva deve ser reduzida a fim aumentar a disponibilidade de máquina.

Em período de grandes volumes de commodities, longas paradas afetam os processos de expedição do produto. Conforme Vilela (2020), isso ocorre devido aos custos de maquinação em relação ao volume recebido, pois eles não possuem uma relação positiva. Visando à redução do número de paradas não-programadas e, conseqüentemente, aos gastos com manutenção, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação de uma manutenção preditiva com o uso de ferramentas de análise de vibração e análise FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), nos anos de 2019 a 2020, com um plano de ação para a tratativa de uma falha encontrada no relatório vibracional.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO NAS INDÚSTRIAS

A ideia básica de manutenção foi evoluindo ao longo dos tempos; novas indústrias foram crescendo, e a necessidade de manter uma vida útil de máquina foi aumentando. Para Almeida (2014), a participação desse setor não é direcionada apenas para planos e reparos, mas também a novas ideias e desenvolvimentos, graças à alta disponibilidade de materiais no mercado.

Todavia, antes das inovações e novos projetos, um plano bem consistente já deve existir, priorizando as manutenções periódicas e preocupando-se com a quantidade de horas trabalhadas pelo equipamento. Como afirma Viana (2016) as primeiras técnicas para se elaborar um plano de manutenção preventiva apareceram e, diretamente, buscavam alavancar a atuação da manutenção nas indústrias, ou seja, a manutenção preditiva.

A manutenção preditiva, segundo Tondato (2004), consiste na inspeção com periodicidade regular, indiferentemente se ocorrer alguma falha na máquina. Isso transforma o que seria considerado uma manutenção reativa em manutenção proativa. Para Borlido (2017), os objetivos dessa técnica de manutenção vão além da redução de custos e da vida útil da máquina. Ela impacta também na qualidade, evitando contaminações e quebras do produto, e na segurança do trabalho, identificando pontos com anomalias que podem causar algum acidente com o funcionário.

A manutenção preditiva, segundo Righetto (2020), é uma técnica que se adapta à evolução tecnológica, consolidando-se como uma técnica de manutenção futurista e promissora. Essa ferramenta de engenharia caracteriza-se pelo acompanhamento das máquinas enquanto está operando, intervindo somente quando alguma anomalia for identificada. Logo, o monitoramento realizado pela preditiva irá auxiliar beneficemente os custos em relação à manutenção preventiva (apresenta o ponto específico da possível falha) e a manutenção corretiva (parada e quebra de componentes) (BORLIDO, 2017).



A aplicação desses planos busca a redução do uso da Manutenção Corretiva, essa, segundo Santos (2019), é a menos recomendável a se utilizar, devido ao alto tempo gasto para execução, pois depende exclusivamente da quebra ou falha.

2.2. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA NA INDÚSTRIA

Uma gestão de manutenção é de extrema funcionalidade para qualquer empresa e, para tanto, os controles e execuções de serviços são guiados por um plano. Quando implementado, esse plano de controle de manutenção (PCM) impacta diretamente e positivamente na produção, tendo um excedente de eficiência operacional ao ser comparado com eficiência anterior ao plano (COSTA, et al., 2018).

Esse plano consiste em utilizar as técnicas de manutenção para que se resulte em indicadores fundamentais para a empresa, a eficiência global do equipamento e a disponibilidade de máquina. A eficiência global do equipamento — ou somente OEE (*Overall equipment effectiveness*) — aborda o desempenho das máquinas em funcionamento em relação com o tempo programado para execução do processo e a capacidade projetada para trabalho (MEGIOLARO, 2015, *apud* ZUASHKIANI *et al.*, 2011).

Esse indicador baseia-se no produto dos fatores disponibilidade (tempo de máquina disponível e operando), desempenho (capacidade de operação em relação ao tempo trabalhado) e qualidade (quantidade de produtos produzidos em relação a quantidade de produtos refugos). Para Santos (2019), esse indicador é facilmente aplicável em qualquer cenário industrial, observando os fatores para aumento na eficácia da empresa e o monitoramento operacional dos equipamentos.

A disponibilidade, como abona a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994, p.8), é o quanto um item está em condições de executar sua função em um determinado período de tempo. Esse indicador é o mais importante para a manutenção.



O fator disponibilidade do OEE e o indicador disponibilidade de máquina são itens semelhantes, porém não os mesmos, visto que o fator do OEE pode englobar inúmeros pontos. Nas indústrias agrícolas, é possível observar alguns desses, tais como: falha operacional, falta de espaço para armazenagem, silos e tulhas com capacidade máxima, entre outros. Já a disponibilidade de máquina, refere-se exclusivamente ao equipamento em operação (MEGIOLARO, 2015).

Para alcançar uma porcentagem alta nos indicadores, principalmente na disponibilidade, a técnica de Manutenção Preditiva é uma excelente prática, considerando que as vantagens de sua implantação, com suas ferramentas de inspeção e análises, envolvem diretamente a redução de custos e aumento de produtividade (RIGHETTO, 2020).

2.3. FERRAMENTAS UTILIZADAS NA MANUTENÇÃO PREDITIVA

Para que seja possível a execução de um plano de Manutenção Preditiva, é necessário que existam instrumentos específicos, os quais coletam dados e registram informações de falhas do equipamento. Esses dados são fenômenos físicos, como: vibrações acima do normal, altas temperaturas, integridade estrutural, entre outros defeitos (PIRES e OKADA, 2020).

Mesmo que essas falhas possam ocorrer em um equipamento, – a vibração por exemplo – não se trata somente de uma avaria negativa, já que vários desses equipamentos são projetados para uma operação vibracional moderada. O estudo da análise de vibração torna-se importante para os indicadores e não-conformidades, necessitando de um plano de ação como tratativa de falha (MARQUES e BRITO, 2019).

As falhas apontadas podem ser diversas, envolvendo folgas excessivas em rolamentos, desalinhamentos, desbalanceamento, vibração acelerada, empenamento de eixo, entre outros. Vanzo (2017) cita que as falhas decorrentes dos rolamentos são uma das principais paradas que ocorrem, visto que os diagnósticos relatados ainda não possuem uma leitura correta.



Esse tipo de análise exige parâmetros para leitura de dados e os parâmetros físicos de vibração associados a máquinas rotativas são: aceleração, deslocamento e velocidade, conforme Santos, Araújo e Lima (2018). Para Galli (2017), esse tipo de análise preditiva é bastante viável para máquinas rotativas, permitindo um melhor conhecimento e acompanhamento da integridade mecânica do equipamento, mostrando resultados confiáveis e que antecipam a quebra.

A partir dessa coleta, informações são geradas para elaborar uma tratativa que se adapte ao calendário de produção para que a máquina não fique parada e a produtividade continue alta. Com o relatório FMEA, é possível avaliar as possíveis falhas e o que de fato a ocorrência dessa falha pode gerar para empresa. Utilizando essa metodologia, oportunidades de melhoria de processo também são identificadas.

3. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Com os resultados obtidos pela técnica preditiva, a leitura dos relatórios com anomalias é de responsabilidade do encarregado da área de manutenção ou de uma empresa de manutenção terceira. Com esses dados, a manutenção propõe ações para serem aplicadas aos equipamentos analisados, antecipando as falhas e perdas que poderão ocorrer futuramente (SANTOS, ARAUJO e LIMA; 2018). Anomalia, é um estado anormal de funcionamento, podendo ser simples ou crítico; a falha é a quebra, possivelmente causada pela anomalia indicada antes.

Esses dados podem ser avaliados de maneira quantitativa e/ou qualitativa, coletando-se pela prática vibracional e analisando pelo relatório FMEA. Segundo Righetto (2020), na análise vibracional, a coleta de dados é transformada em gráficos de tendência, que podem ser avaliados de diversas formas, por uma análise global, demodulação ou o espectro de vibração; já para o relatório FMEA, utilizam-se criticidades para determinar o quanto aquele componente/equipamento impacta na empresa. O RPN (*Risk Priority Number*, “Número de prioridade de risco”) é o produto entre a gravidade do componente, probabilidade de ocorrer uma falha e a

probabilidade de detectar essa falha; quanto maior o resultado, mais crítico aquele componente é, necessitando de maior prioridade para tratar.

Com este estudo, é possível mapear quais equipamentos são mais críticos e que mais impactam no processo produtivo, avaliando-se, com a ajuda de gráficos e planilhas, onde atuar para melhorar as condições de funcionamento dos equipamentos, juntamente à redução de paradas e custos.

4. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa privada de commodities agrícolas, na cidade de Matipó, Minas Gerais. Esta região apresenta um grande volume de café, que é o produto recebido, maquinado e exportado da indústria.

Para o desenvolvimento do projeto, foram avaliadas duas fases de implementação. Uma no decorrer do ano de 2019, como modo de teste, sem ter um acompanhamento sistemático, com pouca prioridade do setor de manutenção para tratativas de falha; e outra no ano de 2020, em que foi priorizada a frente de outras atividades de manutenção, tornando-se uma ação obrigatória para equipe de manutenção.

Os equipamentos que serão medidos e avaliados são os seguintes: Catador de Pedras, que separa as pedras do café; Mesa Densimétrica, que separa por densidade os grãos do café dos resíduos; Classificador de Peneira, que separa o café pelo tamanho do grão; Pré-Limpeza, que retira as impurezas como galhos, folhas e linhas de sacaria; Tripper, elevador e transportador, operam transportando horizontal e verticalmente o café até as caixas de armazenamento.

Para definir os equipamentos de prioridade para tratativa, foi estabelecido uma matriz de criticidade por meio de relatório FMEA, buscando selecionar os equipamentos mais importantes. Essa matriz foi separada por tipo de equipamento e consiste em classificar a gravidade, a probabilidade de ocorrência de falhas e sua identificação, classificando com ajuda de um indicador, chamado RPN, como mostra a Tabela 1.



Tabela 1: Análise FMEA para avaliar criticidade. Gravidade Rate: 1 – 10 (10 = Mais Grave); Probabilidade de ocorrência: 1 - 10 (10 = Maior probabilidade); Probabilidade de detectar falha: 1 - 10 (10 = Menor probabilidade); *Risk Priority Number*.

Equipamento	Gravidade	PO	PDF	RPN
Catador de Pedras	9	7	3	189
Mesa Densimétrica	9	7	3	189
Classificador de Peneira	8	7	3	168
Pré-Limpeza	8	8	2	128
Tripper	8	4	3	96
Elevador de Canecas	6	3	4	72
Transportador de Correia	7	3	3	63

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Esses dados foram coletados por uma caneta de vibração chamada “*Pruftechnik Vibxpert II*” medindo os mancais que são padronizados pelo tipo de máquina e lidos pelo software “*Omnitrend*”. Também foi feito registro sistemático das ordens de serviço executadas pela equipe, relatando equipamento por equipamento, individualmente.

Para avaliação e registro das ordens de serviço, foi utilizado um sistema integrado de gestão de manutenção transacional, o SAP PM, que registrou todas as inspeções levantadas durante a análise vibracional. Os equipamentos foram programados com antecedência em registros de ordens de serviço (OS) no SAP/PM de equipamento por equipamento. Como exemplo, pode-se observar nos registros do programa: o equipamento e a quantidade, a data de criação e o número de registro dessas ordens, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Registros das ordens de serviço dos equipamentos programadas no SAP/PM.

Equipamento	Quantidade de Equipamentos	Data de Criação	Número das Ordens
Catador de Pedras	2	04/05/2020	50.885.933 e 50.885.934
Classificador de Peneira	4	04/05/2020	50.885.823 a 50.885.826
Mesa Densimétrica	8	04/05/2020	50.885.935 a 50.885.940
Pré-Limpeza	2	04/05/2020	50.885.931 e 50.889.532

Fonte: SAP/PM

Para os pontos de medição de coleta de dados, foram padronizados os mancais excêntricos (os mancais que se posicionam nas extremidades, 03 e 04), mancais do motor (01 e 02) e os mancais internos. O sentido da medição é determinado pelas letras V, H e A, que representam, respectivamente, vertical, horizontal e axial. Os números que antecedem as letras, representam a ordem de medição (primeiro, segundo, etc) (Figura 1).

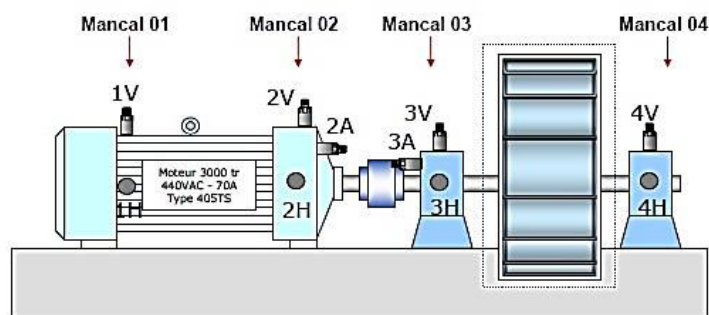


Figura 1: Pontos para medição de vibração dos mancais (Imagem ilustrativa).

Fonte: Vibramec Engenharia

Quando encontrada alguma anomalia nesses pontos, ela é indicada por cinco categorias, como recomenda a empresa terceira responsável pela coleta de dados. Esses parâmetros identificam a criticidade em que se encontra o equipamento.

São elas elas:

- P1 - crítica, necessitando intervenção no máximo 14 dias;
- P2 - crítica, necessitando intervenção no máximo 30 dias;
- P3 - alerta, necessitando avaliação e possível intervenção (com um prazo maior do que a P2) após o equipamento ser avaliado;
- P4 - pré-alerta, necessitando apenas um monitoramento não-rigoroso.
- NA (não-aplicável) – o equipamento está em perfeitas condições de funcionamento.

Para as anomalias encontradas de categoria P1 e P2, foi elaborado um plano de ação por meio da avaliação técnica da equipe de manutenção, chegando à causa raiz da falha e apontando um responsável pela execução e definindo um prazo (dentro dos 14 dias, e 30 dias, respectivamente). Para as outras anomalias de



categoria P3 e P4, foram designadas inspeções, em que os mecânicos iriam avaliar a anomalia levantada.

Para análise crítica, todos os dados da preditiva foram computados em planilha de Excel e transformados em Dashboard (ferramenta para gestão de indicadores e dados que apresentam o status de um setor ou negócio) pelo programa PowerBI da Microsoft, a fim de facilitar a visualização e ter um melhor controle de indicadores. O programa ainda consiste em poder relacionar outras planilhas para poder analisar custos, disponibilidade de equipamentos, programação de serviços, etc.

Para realizar o cálculo dos custos por maquinação, foi usado o produto da capacidade produtiva nominal em sacas/hora (Cap_{Nom}) pela diferença dos valores médios de compra e venda da saca de café. Não foram inclusos salários dos envolvidos na área.

Na Equação (1), é apresentada a expressão para o cálculo de custo potencial por maquinação, de acordo com autores.

Custo por Maquinação

$$= Cap_{Nom} \times (Valor\ de\ venda_{m\u00e9dio} - Valor\ de\ compra_{m\u00e9dio}) \quad (1)$$

As máquinas possuem uma capacidade nominal de processar 100 sacas/hora, de acordo com o manual da fabricante. Os valores de venda e compra não foram divulgados, com isso, será utilizado o preço médio de mercado, R\$ 400,00 para compra e R\$ 500,00 para venda. Para o cálculo do custo por horas paradas, foi multiplicado o resultado obtido na Equação 1 pelas horas de corretiva registradas no setor de rebenefício dos dois anos em análise.

Por fim, os resultados de 2019 e 2020 foram comparados, a fim de demonstrar que o número de horas paradas na área de rebeneficiamento do produto e, conseqüentemente, os custos de maquinação foram reduzidos por meio do planejamento de manutenção.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES



Os equipamentos foram avaliados por meio da análise FMEA, os que resultaram em um RPN superior a 100 foram selecionados para priorização. Esses valores revelam uma classificação maior de risco de falhas de máquinas na empresa, gerando, assim, maior atenção da equipe para executar as manutenções.

Os dados levantados foram avaliados e transcritos em um relatório contendo recomendações para mitigação da vibração elevada como, por exemplo, alto picos de vibração indicando impactos do conjunto eixo/rolamento/mancal. Esses impactos são características de folgas mecânicas, assim, as recomendações seriam verificar o dimensionamento do conjunto e verificar a lubrificação do mancal. Em seguida, o planejamento da empresa contratante computa os dados em uma planilha à parte, montando um sistema de controle de anomalias.

A partir disso, são separadas as anomalias encontradas dos equipamentos em dois grupos: P1 e P2, as anomalias críticas e o grupo P3 e P4, as ações de menor impacto, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Tabela com as criticidades dos dados levantados.

Equipamento	Quantidade de anomalias P1 e P2	Quantidade de anomalias P3 e P4	Total de anomalias apontadas	Total de pontos de medição coletados
Catador de Pedras	10	5	15	84
Classificador de Peneira	3	4	7	78
Mesa Densimétrica	15	13	28	321
Pré-Limpeza	4	5	9	65
Total	32	27	59	548

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Do total de 59 anomalias levantadas, 30 foram em 2020, contando que foram feitas quatro coletas. No ano de 2019, foram feitas três coletas e registradas quase a mesma quantidade de anomalias.

Após as coletas, foram implantadas ações de troca ou ajuste de componentes para as anomalias encontradas de categoria 1 e 2 (P1 e P2, respectivamente), enquanto as de categoria 3 e 4 (P3 e P4), foram acompanhadas de forma sensível



pela equipe de manutenção. No Gráfico 1, pode-se observar a comparação de anomalias levantadas em 2019 em relação a 2020.

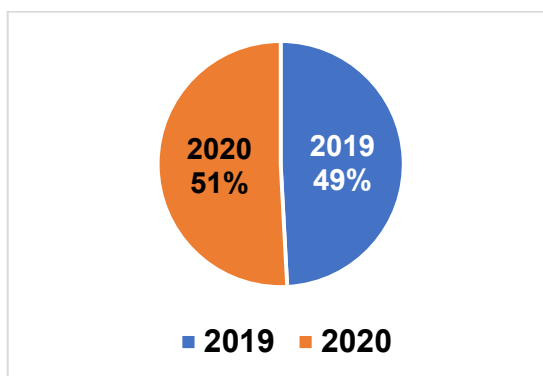


Gráfico 1: Comparativo entre anomalias levantadas nos equipamentos de rebeneficiamento do café na cidade de Matipó-MG.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Entretanto, o fato de a quantidade de anomalias levantadas em 2020 ser maior não significa que o equipamento ficou parado ou com falhas intermitentes, logo, há um tempo para intervenção que mitiga essa possível falha. Para isso, é necessário haver uma parada programada que, de certo ponto, assemelha-se bastante a uma manutenção preventiva, pois, segundo Mansano (2015), a preventiva necessita ser esquematizada para não atrapalhar o processo produtivo. A diferença trata-se, portanto, de a anomalia não deixar de ser prevista por um plano, mas sim ter o cuidado de não deixar a falha acontecer.

Em 2019, as ações levantadas não foram tratadas como recomendado e registrou-se um total de 9,8 horas de falhas mecânicas para o setor de rebeneficiamento, onde as máquinas em análise foram instaladas. Em 2020, com as tratativas recomendadas, esse número caiu para menos de uma hora parada, representando uma redução de aproximadamente 93% (GRÁFICO 2).

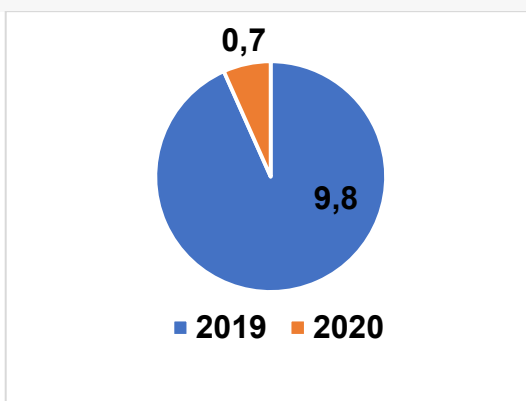


Gráfico 2: Comparativo de horas paradas por falha mecânica nos equipamentos do setor de rebenefício.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Essas horas de manutenção corretiva afetam a imagem do setor de manutenção na indústria de forma negativa, pois ainda existe um plano de manutenção constando as preventivas. Segundo Soares (2019), a manutenção preventiva apresenta uma diferença de valores para a corretiva. Devido às trocas de peças e horas sem funcionamento, a manutenção corretiva fica mais cara para a empresa.

Para Reis (2021), as manutenções preventivas devem ser priorizadas. Contudo, quando há alguma corretiva, essa deve ser priorizada para tratativa, sendo uma o complemento da outra. Isso aponta um tempo de resposta para falha bastante importante, medindo o grau de eficiência para correção das falhas.

Levando em consideração esse número de horas paradas em relação às anomalias apontadas, é possível avaliar o quão prejudicial para a empresa essas paradas foram. A partir dos resultados obtidos na Eq. 1 e multiplicando pelas horas paradas registradas pela empresa, pode-se observar, no Gráfico 3, o prejuízo potencial no setor de rebenefício:

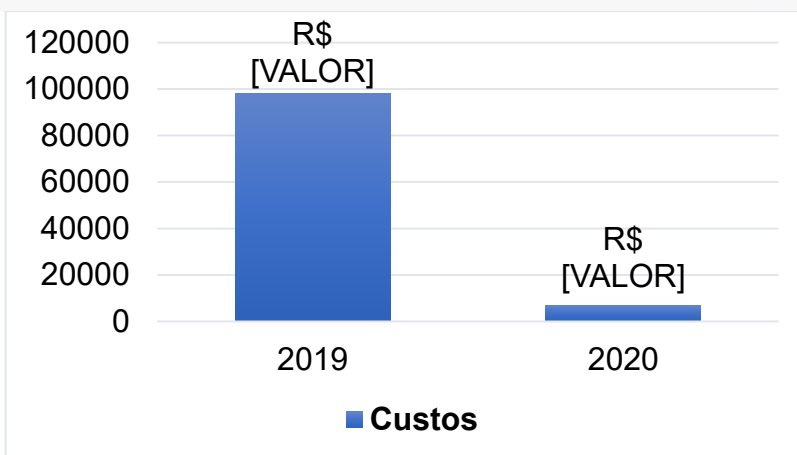


Gráfico 3: Prejuízo financeiro potencial pelas horas paradas no setor de rebenefício.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

É possível observar a diferença dos valores após a execução das paradas programadas realizadas em 2020. Essa diferença de R\$ 91.000,00 é muito significativa no comparativo. Ainda, é válido ressaltar que os valores do preço da saca utilizados são mínimos, logo variam positivamente de acordo com a qualidade do produto.

Esses resultados podem trazer um possível investimento da indústria em outros pontos críticos. Seria possível, portanto, direcionar o custo reduzido para um investimento maior em ferramentas e serviços especializados para execução de preventivas e preditivas mais confiáveis. Isso geraria uma disponibilidade maior das máquinas, a fim de se obter uma quantidade de horas paradas a custo zero.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da ferramenta FMEA resultou em uma orientação positiva para encontrar os pontos de maior criticidade da empresa, fornecendo o direcionamento sobre os principais equipamentos a serem avaliados pela análise vibracional. Essa verificação demonstrou qual caminho seguir, levantando tratativas para falhas que futuramente possam ocorrer em alguns componentes. Com a ajuda do monitoramento sistemático e prioritário dos equipamentos apontados com falhas e da execução das tratativas antes das manutenções preventivas, ficou evidente que os planos de ação foram eficazes para a redução de custos.



Isso reforça uma importância do investimento na manutenção preditiva, o que não é adotado por todas as indústrias pelo custo que apresenta. Todavia, a técnica é uma excelente opção para redução de quebras e para manter o processo produtivo em pleno funcionamento.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p. Acesso em: 13 dez. 2020.

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0 - Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, [S. l.], 2017.

COSTA, Efraim Menezes De Lima et al. **Implantação de PCM em máquinas industriais: um estudo de caso em uma indústria de autopeças no polo industrial de Manaus sob a perspectiva de gestão de projetos em manutenção**. 2018.

GALLI, Vinícius Barcos. **Manutenção preditiva por análise de vibração mecânica em máquinas rotativas: estudo de caso**. 2017. 96 f. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/157012>>. Acesso em: 05 set. 2020.

LABRE, Pedro Paulo Vieira Queiroz. **Análise de vibração e termografia na manutenção e confiabilidade de equipamentos em uma usina de beneficiamento de sementes**. 2019. Universidade Federal de Uberlândia, [S. l.], 2019.

MANSANO, Henrique de Mesquita. **Análise de métodos e práticas de parada programada de manutenção**. Estudo de caso em planta industrial. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2015.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. **Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos**, São João Del Rey, 2019. DOI <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-095>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2315>. Acesso em: 14 set. 2020.

MEGIOLARO, Marcelo Rodrigo de Oliveira. **Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2015. Acesso em 05 set. 2020.

PIRES, Caique Aparecido; OKADA, Roberto Hirochi. **Manutenção preditiva: estratégia de produção e redução de custos**. 2020. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - Fatec, Taquaritinga, 2020. Acesso em: 05 set. 2020.

REIS, Igor Augusto Alves. **Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte.** 2021. Universidade Federal de Ouro Preto, 2021. Acesso em: 19 maio 2021.

RIGHETTO, Sophia Boing. **Manutenção Preditiva 4.0: Conceito, Arquitetura e Estratégias de Implementação.** 2020. Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2020.

SANTOS, Marcos dos; ARAÚJO, Marcio Medeiros de; LIMA, Angélica Rodrigues. **Manutenção Preditiva: contribuindo para a melhoria dos processos e para a redução dos custos de operação.** 2018. Artigo (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Sergipe, [S. l.], 2018.

SANTOS, Natália Souza dos. **Planejamento e controle da manutenção na Indústria 4.0.** 2019. Trabalho de conclusão de curso - Instituto de Desenvolvimento Econômico Rural e Tecnológico Dados da Amazônia - IDAAM, [S. l.], 2019.

SOARES, Bruno Nascimento. **Análise dos aspectos positivos da manutenção preventiva em relação à manutenção corretiva: menores custos e maior disponibilidade.** 2019. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2019. Acesso em: 19 maio 2021.

TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica.** 2004. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2004.

VANZO, Fernanda do Carmo Silvério. **Metodologia para predição de tempo de falha de máquinas e equipamentos baseada no monitoramento de vibração.** Uberlândia, 2017. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1109>

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Fatores de Sucesso na Gestão da Manutenção de Ativos.** Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

VILELA, Eunice Henriques Pereira. **Variáveis que influenciam a formação de preços do Café Arábica: uma análise regional e nacional.** 2020. 77 f. Dissertação - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.4> Acesso em: 05 set. 2020.

ZUASHKIANI, Ali *et al.* **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practice,** [s. l.], 2011.