

INDICADORES DE MANUTENÇÃO DA INDÚSTRIA CERÂMICA

Enir Jorge Camargo

enirjorge@bol.com.br

Resumo:

Este artigo visa descrever a relação entre confiabilidade na manutenção e a disponibilidade de equipamentos, pontuando exemplos práticos por meio de dados obtidos em uma indústria cerâmica. Face ao exposto, definiu-se como objetivo obter dados da máquina VTS 29 do ramo cerâmico e através deles quantificá-los por meio de indicadores de manutenção. Nesse sentido, foi realizado um levantamento bibliográfico em periódicos publicados nas bases de dados nacionais, bem como uma pesquisa de campo na empresa Portobello S.A, onde obteve-se dados necessários para a elaboração deste estudo. Por meio das leituras e análises feitas, foi possível compreender que desde o advento das máquinas após a primeira revolução industrial no século XVIII dedica-se a estudar formas eficientes de organizar o processo de uma fábrica onde o grande objetivo é alcançar alta produtividade. Em virtude dos fatos mencionados, conclui-se que os dados obtidos por meio da pesquisa, possibilitaram o entendimento da confiabilidade e da disponibilidade da VTS 29, onde evidenciou-se que a manutenção realizada pela empresa no ano de 2020 contribuiu para a diminuição dos reparos no ano de 2021.

Palavras-chave: Monitoramento, qualidade de manutenção, confiabilidade.

Abstract:

This paper aims to describe the relationship between maintenance reliability and equipment availability, pointing out practical examples through data obtained in a ceramics industry. Given the above, the objective was defined to obtain data from the VTS 29 machine from the ceramic sector and quantify them through maintenance indicators. Therefore, a bibliographic survey was carried out in periodicals published in national databases, as well as field research in the company Portobello S.A, where required data for this study elaboration were obtained. Through the readings and analyzes made, it was possible to understand that since the advent of machines after the first industrial revolution in the 18th century, it has been dedicated to studying efficient ways of organizing the process of a factory where the great objective is to achieve high productivity. Due to the mentioned facts, it is concluded that the data obtained through the research, made it possible to understand the reliability and availability of the VTS 29, where it was evidenced that the maintenance carried out by the company in the year 2020 contributed to the reduction of repairs in the year 2021.

Key-words: Monitoring, maintenance quality.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da história da modernização do homem surgiram muitas necessidades da mecanização e utilização das máquinas ao seu favor mesmo em épocas mais remotas. A manutenção mesmo despercebida passou a ser necessária para eliminar problemas de falhas interrompendo a produção desejada, ou seja, o que anteriormente era visto como um simples gasto, passou a ser visto como uma necessidade importante para as indústrias de todos os ramos.

Uma linha de produção que para devido a uma falha no equipamento, ou por parada inesperada dele, tem custos muito altos no sentido de aquisição pelas horas sem produzir, custos com funcionários, entre outros. Assim, “conforme tendência do atual mercado globalizado onde se exige maior produção com menor custo, não existe mais margem para planos de manutenção ineficientes” (GONÇALVES, 2019, p. 16). Nesse sentido, Corrêa (2015, p. 29) afirma que:

[...] As falhas podem ser previstas a partir de técnicas e procedimentos, com base no tempo e na condição, a partir de técnicas de predição. Mesmo com a previsão das falhas de cada componente de um determinado processo, ainda assim a manutenção pode ser custosa devido a dispersão das estimativas ao longo do tempo.

Diante da necessidade, surge na Europa os primeiros técnicos em manutenção visando suprir a demanda como uma necessidade absoluta, em vista do entendimento da compreensão de manutenção das máquinas para poder enfrentar a concorrência. Assim, ao entender a relevância nos prazos de entrega do produto, as grandes empresas passaram a ficar cada vez mais atentas as necessidades de melhorar os seus processos produtivos, através da otimização permitida pela manutenção. Com base nesse pressuposto, busca-se encontrar a resposta para a seguinte indagação: de que modo a manutenção contribui para o bom desempenho da indústria cerâmica?

O intuito de monitorar a qualidade da manutenção e da produtividade, perpassa sobretudo, pelo entendimento de que há vários benefícios nisso, tais como: aumento da produtividade dos equipamentos, aumento da qualidade dos produtos fabricados, redução dos custos, dentre outros. Em vista disso, compreende-se que a manutenção é uma importante ferramenta estratégica da empresa, pois por meio dela é possível otimizar os resultados da produção. Através da gestão da manutenção que permite que a empresa se programe para a parada de um equipamento muito antes dele parar de maneira inesperada.

A visão clássica da manutenção é o reparo de itens danificados. Por essa perspectiva limitada, as atividades de manutenção estariam restritas a tarefas reativas de ações de reparo. Contudo, numa visão mais recente o objetivo da manutenção é manter o item funcionando de acordo com as condições de projeto, ou restaurá-lo para aquelas condições,

observando as necessidades físicas necessárias para o pleno desenvolvimento da produção. Obviamente, este conceito permite uma ampliação de visão porque inclui agora uma abordagem proativa, que vai desde serviços rotineiros e inspeções periódicas até a reposição preventiva e monitoramento das condições (PASCHOAL *et al.*, 2009, p. 2).

O setor da indústria é responsável por produzir bens. Com base nisso, compreende-se que os produtos dela que contribuem para a economia dos países, visto que gera empregos e promove transações que influenciam diretamente no PIB, alavancando o setor econômico. Nesse sentido, evidencia-se que ocorreram mudanças nesse setor desde o início da industrialização, devido as demandas de mercado que foram surgindo, as novas tecnologias, aos novos modelos de negócio (PISCHING, 2018).

A revolução industrial nesse sentido, nasce no cenário ao qual o homem percebe a necessidade e motivação absoluta para se prevenir das falhas empenhando-se no planejamento das manutenções das máquinas, esta é a primeira revolução industrial no final do século XVIII. A segunda revolução chega em meados do ano 1870, onde a energia elétrica é o carro chefe que leva as indústrias a conquista das produções em larga escala. A terceira revolução inicia-se nos anos de 1970 com o sistema computacional levando a indústria a uma condição de automatização e a conquista da produção em larga escala. Em tempos atuais necessita-se da quarta revolução industrial (BARROS, 2020).

A quarta revolução industrial segundo Pisching (2018) adentra na indústria do século XXI com um novo método a ser inserido nas linhas de produção das indústrias oferecendo uma nova visão de produtividade tendo uma proposta de fabricas inteligentes usando a alta tecnologia e inteligência artificial, essa ideia surge na feira de Hannover em 2011 na Alemanha.

A nova era da indústria, conhecida como indústria 4.0 permite “redução de custos; economia de energia; aumento de segurança; conservação ambiental; redução de erros; fim do desperdício; transparência nos negócios; aumento da qualidade de vida” (VENTURELLI, 2014 apud BORLIDO, 2017, p. 30). Sendo assim, compreende-se que essa indústria permitiu que cada empresa pudesse ter acesso aos dados de forma real que facilita o entendimento sobre a necessidade de manutenção que as máquinas precisam, das peças que necessitam de ajustes, em vista disso, faz-se necessário compreender alguns conceitos relacionados a manutenção para o bom entendimento deste estudo.

Com o intuito de identificar os tipos de manutenção, pressupõe conhecer de antemão a história da manutenção mecânica que perpassa pelo acompanhamento da mecanização das indústrias e a necessidade dos primeiros reparos nas máquinas, após as mudanças ocorridas devido as revoluções.

Por meio do advento das duas guerras mundiais, as indústrias passaram a utilizar mais máquinas, assim, sentiu-se a necessidade de implantar equipes que fossem capazes de solucionar o

problema dessas máquinas, com o menor curto prazo possível, para evitar que a indústria fique parada. A partir disso, Paschoal *et al.* (2009, p. 2) afirmam que:

Dependendo do modelo de organização as tarefas de manutenção podem ser praticadas por diversos departamentos. Há muitas definições e conceitos para o termo “manutenção”. Em grande parte, são focados os aspectos de prevenção e recuperação de falhas, a crença que o aumento da produção depende de mais e melhores equipamentos, remota à época da Revolução Industrial.

Nesse sentido, compreende-se que a manutenção surge com o intuito de corrigir e evitar falhas, visando aumentar a produção e as falhas acontecem por vários motivos, quer seja pela falta de cuidado, por tempo de uso entre outros.

Deste modo, compreende-se que as falhas fazem parte da manutenção, visto que a manutenção não é apenas parar um equipamento e consertá-lo em um momento de pane ou para reparar alguma avaria. Mas, a manutenção serve também para evitar o aparecimento de falhas através da análise e da identificação na natureza da falha (MIRSHAWKA e OLMEDO, 1993).

Face ao exposto, Paschoal *et al.* (2009) evidencia que a depender do tipo de negócio, existem maneiras diferentes de realizar a manutenção, as quais fazem parte da política de manutenção. Essa política, compreende um conjunto de técnicas e regras que são capazes de atender as necessidades das organizações.

De acordo com Waeyenbergh (2005) as principais políticas de manutenção são: a Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Entretanto, existem outros tipos de manutenção que são capazes de direcionar as intervenções nas máquinas, sendo: manutenção detequeativa, planejada. Onde o critério considerado para tal intervenção nos instrumentos, deixa em evidência a necessidade de um consenso em algumas variações irrelevantes (pequenos ajustes) de acordo com os tipos de manutenção.

A manutenção corretiva é um tipo de manutenção voltada para a correção de falhas momentâneas ou para corrigir problemas de desempenho em uma máquina, peça ou rolamento. De acordo com Pinto e Xavier (2009), essa é o tipo de manutenção mais antigo que existe, teve início antes da segunda guerra mundial e é conhecido por ser mais o mais simples em comparação aos demais. Como anteriormente a produtividade não era uma prioridade, como funciona no sistema capitalista atual, essa manutenção era feita simplesmente para limpar, lubrificar e reparar as peças após a quebra.

Deste modo, compreende-se que a manutenção corretiva, só é realizada quando é identificada alguma falha que prejudique a produção, ou seja, quando há verdadeiramente a necessidade da

manutenção. Esse tipo de manutenção é dividido em manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada. A Tabela 1 traz importantes características da manutenção corretiva.

Lista 1: Características da manutenção corretiva.

1. Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas.
2. Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações.
3. Paradas para manutenção em momentos aleatórios e, muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até a épocas de crise geral; é impossível eliminar completamente este tipo de manutenção, entretanto pode-se observar que existem ações a fim de evitá-la, como pessoal previamente treinado para atuar com rapidez e proficiência em todos os casos de defeitos previsíveis e, com quadro e horário bem estabelecido.

Fonte: adaptado de Finocchio (2013)

De acordo com a NBR 5462, a manutenção corretiva é definida como “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (ABNT, 1994). Assim, compreende-se que este tipo de manutenção apesar de simples, é um dos métodos mais caros de manutenção, tem como finalidade corrigir algo para que ele possa atingir os objetivos dele no processo de produção quando já houve a falha e/ou danos.

A manutenção corretiva planejada é aquela que ocorre em uma condição a qual o padrinho da máquina ou o mecânico responsável pelo equipamento percebe atentamente uma possibilidade de quebra de uma determinada peça que vai implicar no bom funcionamento do equipamento e uma parada não programada, gerando perda na produção, sendo assim, se faz necessário a comunicação de um líder superior para autorizar a parada do equipamento de forma planejada e substituir a peça evitando danos maiores.

Em vista disso, a correção planejada, acontece a partir de um acompanhamento detectivo ou pela decisão de operar até a falha. Assim, para Costa (2013), a manutenção corretiva planejada é realizada quando é feito um levantamento da necessidade de manutenção.

Assim a manutenção ocorre em uma data previamente agendada, o que contribui para minimizar os gastos na produção. De acordo com a ABNT (1994), norma 5462, a manutenção não planejada é entendida como uma condição na qual dentro de uma fábrica onde se encontram vários tipos de equipamentos produzindo o produto que caracteriza a empresa, surge de forma inesperada

uma parada da máquina através de uma pane no mecanismo impossibilitando a sequência da produção, ocorrendo uma quebra de uma determinada peça sendo por fadiga, má instalação da peça, peça de má qualidade, lubrificação inadequada, gerando uma corretiva não planejada.

De acordo com a ABNT (1994), norma 5462, a manutenção preventiva é entendida como a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Sendo assim, compreende-se que ela é realizada somente quando apresenta defeitos inesperados, tais como: pequenas panes, quebras e demais sinistros.

De acordo com a ABNT (1994), norma 5462, a manutenção preventiva é entendida como a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”, isto é, ela tem o intuito de evitar que ocorra a falha do equipamento e para isso ela é realizada visando manter o equipamento em boas condições de uso e produtividade. Assim, com base em Trojan *et al* (2013) a manutenção preventiva pode ocorrer tanto com o equipamento desligado ou com o equipamento em uso, através de um cálculo que estipula a necessidade de reparos, conforme afirma Borlido (2017, p. 44).

[...] a preventiva é a de maior uso (dependendo do setor) uma vez que as manutenções a realizar (muitas das vezes atualizadas em programa computacional) são referentes a máquinas e dizem respeito a ciclos de trabalho tais como mudanças de óleo, lubrificações de máquinas, limpezas de bancadas de trabalho, ajustes em sensores, entre outros. De tais mudanças e por serem por vezes o coração da empresa, a planificação de uma intervenção é fulcral.

Atualmente, as indústrias têm utilizado muito a manutenção preventiva, pois ela costuma ter um custo menor que a corretiva, isto porque as manutenções são realizadas de acordo com a necessidade que se evidencia por meio de programação, de forma a deixar o equipamento em condições de uso favoráveis para evitar o aparecimento de avarias, isto é, para evitar eventuais surpresas desagradáveis tanto na produção, quanto na segurança dos trabalhadores (Fonte do autor).

Com base na norma 5462 da ABNT (1994), a manutenção preditiva, é aquela “manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”. Corroborando com esse pensamento, Borlido (2017, p. 51) afirma que:

A manutenção preditiva é a manutenção centrada num conjunto de ações que levam a redução de falhas de funcionamento. O seu principal enfoque é o de evitar a manutenção corretiva pois através de um correto monitoring (das condições da máquina, parâmetros de injeção, por exemplo...) consegue-se antever prováveis avarias. O seu objetivo principal é

o de determinar a manutenção a realizar em determinada peça de determinada máquina. Uma prática correta de Manutenção Preditiva irá ajudar na redução de custos da Manutenção Preventiva.

Deste modo, compreende-se que ela é responsável pela realização de atividades que visam acompanhar o desempenho dos equipamentos, de modo a identificar previamente a necessidade de intervenção. Assim, o profissional de manutenção preditiva poderá usar como auxílio técnico, equipamentos de medição, como: análise de vibração, análise de pressões, ultrassom, ferrografia e termografia.

A manutenção detectiva tem o intuito de detectar falhas ocultas ou que não sejam fáceis de serem percebidas pela equipe de manutenção, assim é realizado uma auto verificação, chamada de *self-test* para identificar se há alguma anormalidade que irá interferir na operação das máquinas. Conforme Finocchio (2013, p. 14) ressalta que “a identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação”.

Face ao exposto, com o intuito de encontrar resposta para a indagação supracitada, o presente trabalho tem como objetivo geral: obter dados da máquina VTS 29 do ramo cerâmico e através deles quantifica-los por meio de indicadores de manutenção. Para o alcance deste objetivo, elencaram-se os seguintes objetivos específicos: aplicar os tipos de manutenção e verificar as suas finalidades; verificar a probabilidade de manutenção do equipamento à ponto de evitar falha e enfatizar a importância dos indicadores de desempenho que são indispensáveis para a manutenção.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na empresa Portobello S.A., que é uma empresa brasileira do ramo de revestimentos cerâmicos, considerado atualmente o maior parque fabril deste ramo em toda a América Latina. Deste modo, utilizou-se os indicadores de manutenção e confiabilidade analisando-se a máquina VTS 29 (ventosa de carga), presente na Figura 1.

Figura 1: VTS 29 da Portobello S.A



Fonte: o autor, 2022.

Face ao exposto, este capítulo apresenta um método utilizado na proposta deste trabalho, no qual é apresentada uma abordagem com base na pesquisa de campo que de acordo com Marconi e Lakatos (2003, p. 186) “consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los”. Além disso, utilizou-se a pesquisa bibliográfica que conforme Gil (2002, p. 29)

(...) é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos (...), bem como material disponibilizado pela Internet.

Com o intuito de contribuir com a referida pesquisa, conta-se com o auxílio de um software de manutenção chamado *Engeman* que registra todas as ordens de serviço executada por um profissional da área, capacitado para executar a manutenção e registrar todas as ocorrências que aconteceram com cada equipamento do parque fabril. Assim, é necessário registrar as ordens de serviço para se obter um histórico da máquina, o acompanhamento do líder de manutenção e o desempenho dos vários tipos de manutenção executadas no equipamento.

Em vista disso, compreende-se que através do levantamento de dados é possível verificar quais os motivos estão relacionados com as paradas do equipamento, quais peças sofreram mais desgaste,

quais foram as peças que mais quebraram e quais foram necessárias ser substituídas, tudo associado ao tempo necessário para executar a devida manutenção. Através destes dados coletados será possível encontrar os indicadores de manutenção para a máquina em análise.

Para este estudo utilizou-se os seguintes indicadores de manutenção: MTBF (mean time between failure): tempo médio entre falhas; MTTR (mean time to repair): tempo médio para reparo; disponibilidade e confiabilidade. Deste modo, busca-se compreender os conceitos desses indicadores para posteriormente aplicar os resultados obtidos por meio da coleta de dados da VTS 29.

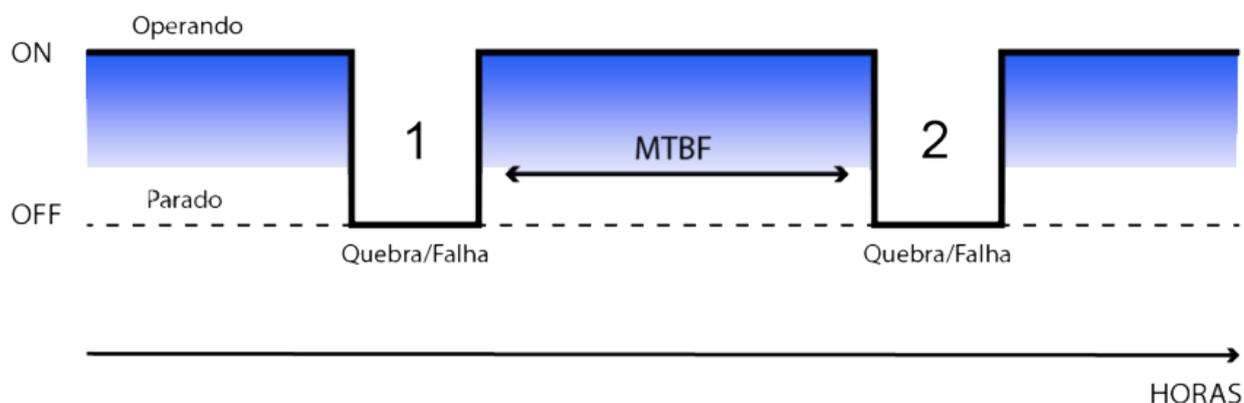
O tempo médio entre falhas (MTBF) consiste na relação entre o tempo total de bom funcionamento de um equipamento e a falha. Assim, compreende-se que ela visa identificar o tempo total de intervenção corretiva. Deste modo, entende-se que o MTBF relaciona tempo que houve produção com o tempo de parada para correção de falhas que não foram planejadas.

A Equação 1 apresenta a fórmula utilizada para calcular o MTBF:

$$MTBF = \frac{T}{n} \quad (1)$$

Onde, T = somatório das horas de trabalho em bom funcionamento e n = número de paradas para manutenção corretiva. Conforme consta fórmula na Figura 2.

Figura 2: Cálculo para identificação do MTBF.



Fonte: Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao> Acesso em: 08 dez. 2021.

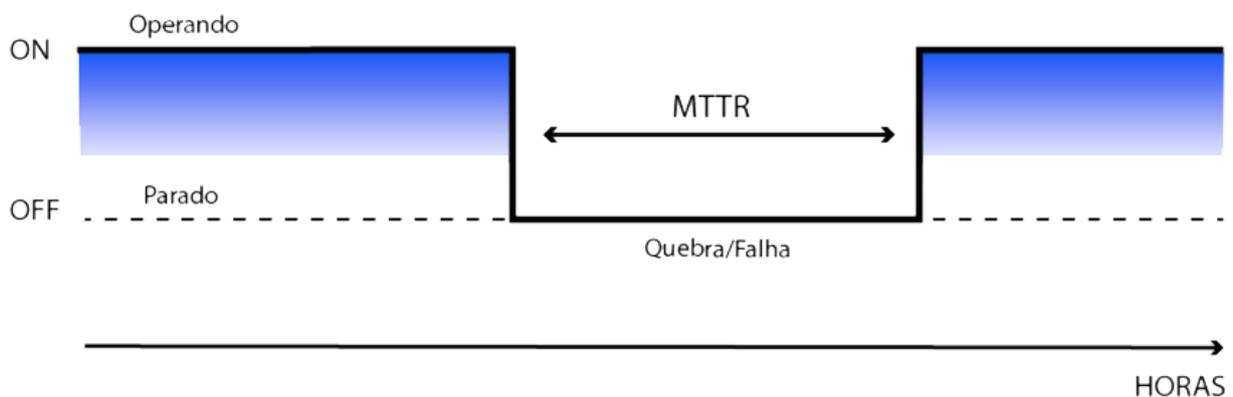
Deste modo, compreende-se que esta fórmula é a maneira mais eficaz para aplicar no equipamento, pois facilita o processo, considerando os diferentes ciclos da vida, tornando-se assim, uma boa forma de mensurar a confiabilidade.

Face ao exposto, o MTTR refere-se ao tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido à algum tipo de manutenção. A Equação 2 apresenta a fórmula utilizada para calcular o MTTR:

$$MTTR = \frac{T_p}{n} \quad (2)$$

Onde, T= tempo total de paradas para reparo e n= número de intervenções realizadas. Conforme pode ser observado na Figura 3:

Figura 3: Cálculo para a identificação do MTTR.



Fonte: Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao> Acesso em: 08 dez. 2021.

O tempo médio para reparo (MTTR), está associada a facilidade que a equipe de manutenção tem em fazer um equipamento voltar a executar as suas funções, após uma falha. Isto é, ela indica o tempo médio para o reparo do equipamento. Sendo assim, compreende-se que ela visa identificar por quanto tempo o equipamento necessita de manutenção corretiva.

Deste modo, compreende-se que o MTTR tem “relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falha e o número total de falhas detectadas nesses itens durante o período observado” (SANTOS JUNIOR, 2012, p. 18). Sendo assim, quanto menor o MTTR, melhor para a manutenção, visto que a partir dele compreende-se que a manutenção corretiva é feita cada vez menos nos equipamentos.

No que concerne a disponibilidade, é também conhecida pelo desempenho do equipamento, ou seja, pela relação entre o tempo total de operação e a soma de tempo indisponível, ou seja, “a disponibilidade (DISP) também é conhecida como índice de performance ou desempenho de equipamento. Para itens que tem operação eventual pode ser calculado com relação entre o tempo total de operação e a soma deste tempo com o tempo total de manutenção no período considerado” (SANTOS JUNIOR, 2012, p. 19).

Assim, compreende-se que a disponibilidade conhecida e realizada através do cálculo nos mostra o quanto a manutenção afetou no equipamento e na produção e para isso, o cálculo para a identificar a disponibilidade é bem afirmativo conforme a Equação 3:

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

A confiabilidade, no entanto, refere-se à probabilidade de um equipamento (componente, máquina, entre outros) operar sem falhas por um determinado tempo, ou seja, ela está relacionada com a confiança em que se pode trabalhar. “Por exemplo, se a confiabilidade de um computador de um Centro de Operações do Sistema (COS) for de 99,95% (para um período de 1 ano) isto significa que a probabilidade de o computador funcionar sem defeito durante um ano é de 99,95%.” (FINOCCHIO, 2013, p. 46). Conforme De Gusmão (2001, p. 2), a confiabilidade:

[...] é um aspecto diretamente afetado pela eficácia da Manutenção, que deve ser capaz de assegurar a máxima disponibilidade para a produção mediante, é lógico, a menor taxa de intervenções possível no processo produtivo. Como, para minimizar o tempo e custo destas intervenções, é necessário que elas sejam, antes de mais nada e tanto quanto possível, planejadas, parece-nos importante, para avaliar o desempenho da Manutenção [...].

Deste modo, para calcular a confiabilidade do equipamento, primeiramente é levantado o tempo médio entre falhas do equipamento, a taxa de falha do equipamento e por fim define-se o tempo que se deseja realizar o cálculo de confiabilidade. Nesse sentido, a Equação 4 evidencia a fórmula utilizada para calcular a confiabilidade:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Onde, utiliza-se o R para representar a confiabilidade, λ refere-se a taxa de falhas e t representa o tempo de projeção.

No caso da VTS 29, os cálculos são realizados de acordo com o desempenho da máquina ao longo de um ano, para realizar o comparativo entre o ano de 2020 e o ano de 2021, com o intuito de identificar qual a probabilidade de a VTS 29 funcionar em perfeito estado durante um ano.

3 RESULTADOS

Face ao exposto, utilizou-se os indicadores supracitados por meio dos dados obtidos durante o período de 2020, entre os dias de 01/01 até o dia 31/12 e no ano de 2021 entre o dia 01/01 até o dia 31/10, onde foram coletados os dados de MTBF e MTTR, por meio do software *Engeman*.

1. A partir do Software *Engeman*, foi feita a análise da VTS 29, a partir do backlog do autor, executada pelo setor da Mecânica.
2. Entre 01 de janeiro de 2020 a 31 de outubro de 2020, houve manutenção corretiva na VTS 29,
3. Onde observou-se o total de 16 paradas, tendo a duração de 3h26min de manutenção.
4. O tempo total de disponibilidade da máquina foi de 7296 horas. O MTBF encontrado foi de 456 horas. Já o MTTR, foi de 0,2.

Com os dados já identificados, calculou-se a disponibilidade do ano de 2020, através do resultado: $\text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) * 100$

$$\text{MTBF} = 456 / (456 + 0,2) * 100 \quad (5)$$

$$\text{MTBF} = 99,95\%$$

Sendo assim, conforme a NBR 5462, o foco é que a disponibilidade esteja com o índice elevado, ou seja, reduzir a probabilidade das falhas, o que pode ser facilmente observado no cálculo supramencionado.

A confiabilidade, no entanto, foi calculada tendo como base os 273 dias de funcionamento da máquina. Deste modo, sendo o MTBF = 456 e a $\lambda = 0,002$, calcula-se a confiabilidade conforme a equação 4.

$$R(273) = e^{-0,002 * 273}$$

$$R(273) = e^{-0,546} \quad (6)$$

$$R = 57,92\%$$

De acordo com os cálculos realizados, observa-se que a probabilidade de a VTS 29 funcionar em perfeito estado em 273 dias é de 57,92%. Conforme dados disponibilizados no backlog do autor, as paradas realizadas para manutenção na VTS 29, podem ser observadas no Quadro 1.

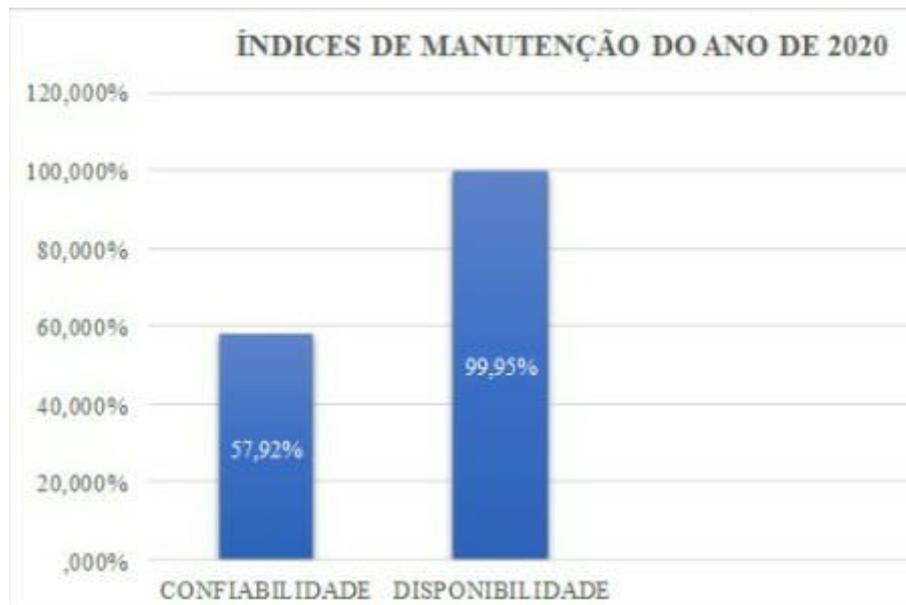
Quadro 1: Principais causas de paradas da VTS 29, no ano de 2020.

Data	Serviço
25/02/2020	Trocar cilindro com vazamento
03/05/2020	Mangueira furada
05/03/2020	Retirado vazamento de ar na sucção das ventosas, mais reforma de rolos na saída
05/03/2020	Do bancalino, troca de rolamentos
06/03/2020	Ventosa largando peças
28/06/2020	Queda de peças acompanhar e regular
18/07/2020	Trocar quadro de ventosas do plano aspirante
07/05/2020	Trocar suporte do quadro de ventosas
25/06/2020	Trocar cremalheira do movimento horizontal
26/08/2020	Feito regulagem no regulador de pisos e substituído ventosas danificadas, hastes de alumínio tortas
23/02/2020	Desgaste na chaveta do motor de acionamento das correias do bancalino
30/04/2020	Reter excesso de caulim na pistola linha 42, a pedido produção e acompanhar escolha.
16/05/2020	Cremalheira danificada
03/10/2020	Ventosa trancada na subida
25/02/2020	Trancou cilindro prisioneiro da entrada do bancalino
03/05/2020	Trocar cilindro com vazamento

Fonte: o autor, 2021

Assim, as paradas realizadas ao longo de um ano tiveram grande significância por afetar a disponibilidade da máquina, principalmente pelo tempo de manutenção, que foi de 3 horas e 26 minutos. O Gráfico 1, mostra os dados entre a confiabilidade e a disponibilidade no ano de 2020.

Gráfico 1: Confiabilidade e a Disponibilidade no ano de 2020.



Fonte: o autor, 2022.

Nesse sentido, é importante ressaltar que a disponibilidade é um indicador que retrata o que aconteceu anteriormente, já a confiabilidade é basicamente uma probabilidade que aponta as chances de o equipamento funcionar perfeitamente em um determinado tempo.

1. Já no ano de 2021, entre o 01 de janeiro ao dia 31 de outubro, foram feitas 08 manutenções corretivas na VTS 29, tendo a duração de 16 segundos de manutenção cada ocorrência.
2. O tempo total de disponibilidade da máquina foi de 7296 horas.
3. O MTBF encontrado foi de 912 horas. Já o MTTR, foi de 0,002.

Com os dados já identificados, calculou-se a disponibilidade do ano de 2020, através do resultado da Disponibilidade= $MTBF / (MTBF + MTTR) * 100$

$$\text{Disponibilidade} = 912 / (912 + 0,2) * 100$$

$$\text{Disponibilidade} = 99,99\%$$

Sendo assim, conforme a NBR 5462, face ao exposto, a disponibilidade do equipamento tem um excelente índice.

Já a confiabilidade, foi calculada tendo como base os 273 dias de funcionamento da máquina. Deste modo, sendo o MTBF = 912 e a $\lambda = 0,001$, calcula-se:

$$R(273) = e^{-0,001 * 273}$$

$$R(273) = e^{-0,273}$$

(6)

$$R = 76,10\%$$

De acordo com os cálculos realizados, observa-se que a probabilidade de a VTS 29 funcionar em perfeito estado em 273 dias é de 76,10%. Conforme o Quadro 2, por meio dos dados disponibilizados no backlog do autor, as paradas realizadas para manutenção na VTS 29, foram de 16 segundos.

Quadro 2: Principais causas de paradas da VTS 29 no ano de 2021.

Data	Serviço
29/01/2021	Feito regulagem no nivelamento do plano aspirante
25/10/2021	Trocar contra – recuo sentido horizontal do plano aspirante
12/10/2021	Soldar correia do bancalino
30/04/2021	Quebrou suporte da calha flexível e furou duas mangueiras de ar, feito reparo, mais acompanhamento
07/06/2021	Verificar motor sentido horizontal, girar motor não gira redutor.
25/06/2021	Ventosa com defeito na subida, afastado rolo excêntrico da coluna vertical, mais acompanhamento e regulagem nas velocidades de subida.
11/03/2021	Trocar cilindro vertical, ventosa carga 42
28/05/2021	Substituído guias laterais com excesso de desgaste na entrada do formador de fila, substitui uma pistola de caulin entupida, feito limpeza na mesma, mais apoio na produção

Fonte: o autor, 2022.

Diferentemente das paradas realizadas no ano de 2020, as 8 paradas no ano de 2021 foram irrelevantes, visto que só afetou 16 segundos do tempo de disponibilidade da máquina. Assim, o Gráfico 2, mostra quais foram os resultados dos índices de manutenção, onde compara principalmente a confiabilidade e a disponibilidade no ano de 2021.

Gráfico 2: Comparativo entre Confiabilidade x Disponibilidade da VTS 29 do ano de 2021.



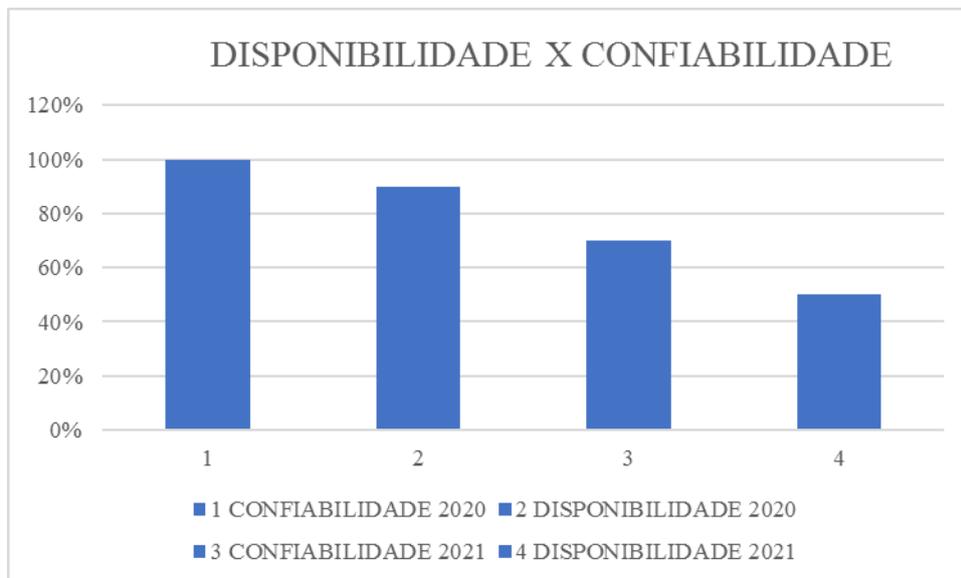
Fonte: o autor, 2022.

No que concerne ao entendimento sobre o MTBF, este é um dos indicadores mais importantes para o setor da mecânica, deste modo, compreende-se que quanto maior for o índice, melhor é para a empresa, visto que significa que a máquina está levando maior tempo para falhar e assim consegue-se definir a frequência necessária para realizar as manutenções. Entretanto, ao contrário disso, está o MTTR que deve ser mantido sempre baixo, além disso, é fundamental utilizar as técnicas de manutenção preditiva para identificar os sintomas em tempo real.

Afim, quanto maior o tempo médio de reparo, melhor para a linha de produção. Significa que as quebras serão menos frequentes. Isso também está diretamente ligado à confiabilidade daquele ativo. Então, quanto mais preciso for o dado sobre o tempo médio entre falhas, maior o controle dos equipamentos. Dessa forma, é possível intervir antes que a quebra ocorra de fato (ITSS TECNOLOGIA, 2021, p. 1).

Diante dos dados obtidos, pode-se compreender a relação entre a confiabilidade da manutenção, pois o histórico de desempenho da VTS 29 foi muito eficaz no ano de 2021, conforme pode ser analisado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Comparativo da Disponibilidade x Confiabilidade entre os anos de 2020 e 2021.



Fonte: o autor, 2022.

Face ao exposto, os resultados apresentados no Gráfico 3, somente são possíveis porque a área da mecânica tem o seu trabalho pautado na seriedade, e em vista disso, escolhe as melhores técnicas para evitar o aparecimento de falhas. Assim também acontece com a disponibilidade na manutenção, visto que ela só é possível por meio do monitoramento do equipamento. Conforme Baldissarelli e Fabro (2019, p. 13):

A eficiência da manutenção é medida com base em três principais indicadores. A disponibilidade indica o percentual do equipamento disponível para o processo produtivo. O cálculo da disponibilidade depende de dois outros indicadores, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo. O tempo médio entre falhas (TMEF ou MTBF) é a média aritmética entre falhas, considerando somente o tempo em funcionamento.

Em vista disso, compreende-se que a manutenção realizada em 2020 foi de grande valia, visto que minimizou o aparecimento de falhas no ano de 2021. Face ao exposto, evidencia-se que ao aumentar a confiabilidade, melhora-se também a disponibilidade na manutenção, sendo assim observa-se que os índices de manutenção realmente funcionam e contribuem para diminuir os custos com manutenção e sobretudo, para evitar paradas indesejadas na produção.

4 CONCLUSÃO

Este artigo evidenciou a relação entre confiabilidade na manutenção e a disponibilidade de equipamentos, e para tal, buscou-se enfatizar a importância da revolução industrial para o processo produtivo.

Visto que os produtos que antes eram manufaturados, passaram a ser utilizados mais máquinas, o que permitiu a produção em massa e surgiu também a necessidade de manutenção nos equipamentos. A partir disso, surge também a necessidade de implantar equipes capazes de realizar os serviços de manutenção, sem que haja perdas no processo produtivo da empresa, isto é, manutenções realizadas a curto prazo.

Deste modo, evidenciou-se também sobre os tipos de manutenção, os quais possibilitaram compreender que ainda há uma carência nas indústrias sobre a importância de utilizá-los preventivamente. Além disso, por meio das leituras e análises feitas, foi possível compreender a importância da antecipação das falhas, que eleva a produção a um outro nível, visto que programar as intervenções contribuem efetivamente para diminuir o aparecimento de defeitos.

Para a obtenção dos dados, utilizou-se o backlog da empresa, na qual pode-se por meio das fórmulas para identificar os índices de disponibilidade, que perpassa pelo MTBF dividido pelo MTBF mais MTTR, onde resulta na porcentagem equivalente. O índice de confiabilidade foi obtido também pelo backlog da empresa, onde foi possível extrair o MTBF, a taxa de falhas para obter o cálculo de confiabilidade do equipamento.

No ano de 2020, de acordo com os dados obtidos por meio dos cálculos, evidencia-se que a disponibilidade do equipamento era de 99,95%, entretanto, a confiabilidade do equipamento foi de 57,92%, isso porque o equipamento ao longo de 7296 horas, teve uma parada de 3 horas e 26 minutos, sendo apresentada 16 falhas. Já no ano de 2021 conforme a pesquisa, obteve-se a disponibilidade em 99,99%, já a confiabilidade em 76,10%, visto que houve ao longo do ano 16 segundos de parada em decorrência de 8 falhas.

Em se tratando da empresa Portobello S.A, notou-se que a gestão de manutenção mecânica no ano de 2020, atuou com o intuito de aplicar as ferramentas necessárias para beneficiar o ambiente industrial, pois a manutenção realizada de maneira correta possibilita o entendimento das necessidades produtivas e sobretudo, dos equipamentos e a partir disso, oferece soluções precisas e necessárias para aumentar o nível de confiabilidade da manutenção.

Em virtude dos fatos mencionados, compreende-se que a manutenção agrega muitos resultados positivos, tais como: a redução de desperdício de peças, diminuição no tempo de reparo, aumento da confiabilidade, diminuição da gravidade dos problemas, aumento da produtividade, melhoria na qualidade das produções, entre outros. Sendo assim, evidencia-se que os indicadores de manutenção servem para uma maior assertividade no planejamento da produção, tendo em vista que facilita o

entendimento acerca do processo de fabricação ao programar a não disponibilidade do equipamento.

Face ao exposto, os dados obtidos por meio do *software Engeman*, possibilitaram extrair de forma automática o MTTF e o MTTR, o que contribuiu para entender o histórico de falha da VTS 29 que fora registrado e a partir disso, fazer a relação da confiabilidade e disponibilidade na manutenção. Deste modo, espera-se que este estudo contribua para o avanço do conhecimento científico sobre o monitoramento da qualidade da manutenção, incentivando a construção de novos estudos que aprofundem a discussão sobre esta temática que é relevante e merece consideração acadêmica e rigor científico.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1994.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. **Manutenção Preditiva na indústria 4.0**. *Scientia cum industria*, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.

BARROS, Marcelo Francisco de. **Manutenção 4.0: um estudo sobre a utilização de sensores de baixo custo na inspeção de CCM industriais do trabalho**. 2020.

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017.

CORRÊA, Rodrigo Fernandes. **Otimização de periodicidade nos planos de manutenção preventiva: uma modelagem matemática**. 2015.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção: uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional**. Monografia (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

DE GUSMÃO, Carlos Alberto. Índices de Desempenho da Manutenção: Um Enfoque Prático. **Revista Mantener**, n. 4, p. 13-17, 2001.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. **Manutenção Elétrica. Apostila Didática–Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Cornélio Procópio–PR**, 2013.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, Jefferson Luiz. **Aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos de Laboratório**. 2019. 163 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

ITSS TECNOLOGIA. **MTTR e MTBF: entenda a importância dessas métricas para a manutenção**. 2021. Disponível em: <https://itsstecnologia.com.br/blogs/mttr-e-mtbf-entenda-a-importancia-dessas-metricas-para-a-manutencao/> Acesso em: 08 dez. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

MIRSHAWKA V. e OLMEDO, N. L., **Manutenção Combate aos Custos da Não Eficácia: A vez do Brasil**, São Paulo, Makron Books, 1993.

PASCHOAL, D. R. et al. Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA**, p. 1-14, 2009.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

PISCHING, Marcos André. **Arquitetura para descoberta de equipamentos em processos de manufatura com foco na indústria 4.0**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS JUNIOR, Joacy. **Manutenção**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Técnica. 2012.

TROJAN, Flavio *et al.* Classificação dos tipos de manutenção pelo método de Análise Multicritério ELECTRE TRI. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 343-357, 2013.

WAEYENBERGH, G. **CIBOCOF: A framework for industrial maintenance concept development**. Leuven (Bélgica): Katholieke Universiteit Leuven, 2005.