

Total productive maintenance: aplicabilidade na manutenção elétrica de uma mineradora

Total productive maintenance: applicability in the electrical maintenance of a mining company

Aryanne Araujo de Oliveira¹
Nanini Castilhos de Rabelo e Sant'Anna²

341

Resumo: Recentemente tem-se observado um crescimento da adoção do modelo japonês do TPM – *Total Productive Maintenance*, que tem por objetivo melhorar a eficiência dos equipamentos por meio da otimização de quebras e perdas num sistema produtivo. O objetivo geral desse artigo é um estudo descritivo sobre a aplicação da ferramenta de TPM, utilizando-se como referência uma mineradora de ouro no Estado de Minas Gerais, tendo como referência a listagem e análises de problemas apresentados pelos Relatórios de Manutenção Elétrica da empresa em estudo. As manutenções corretivas emergenciais, diferente das corretivas programadas, dificultava o controle da demanda de material, utilizando-se, nesse caso, material excedente de manutenções anteriores, mas isso nem sempre era possível, pois a demanda poderia ser maior que esse excedente, ou não haver peças disponíveis. Acredita-se que os resultados à médio e longo prazo, principalmente devido ao pilar da “Implementação da Cultura”, é benéfica à empresa como um todo.

Palavras-Chave: Planejamento Industrial; Industria 4.0; Manutenção Preventiva.

Abstract: Recently there has been a growth in the adoption of the Japanese model of TPM – Total Productive Maintenance, which aims to improve equipment efficiency by optimizing breakdowns and losses in a production system. The general objective of this article is a descriptive study on the application of the TPM tool, using as a reference a gold mining company in the State of Minas Gerais, with reference to the listing and analysis of problems presented by the company's Electrical Maintenance Reports in study. Emergency corrective maintenance, unlike scheduled corrective maintenance, made it difficult to control material demand, using, in this case, surplus material from previous maintenance, but this was not always possible, as the demand could be greater than this surplus, or not there are parts available. It is believed that the results in the medium and long term, mainly due to the “Implementation of Culture” pillar, are beneficial to the company as a whole.

¹ Graduando(a) do Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade FUMEC. E-mail: aryanne-araujo@hotmail.com

² Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal de Brasília UnB. E-mail: naninicastilho@gmail.com

Recebido em 23/02/2022
Aprovado em 30/03/2022

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Keywords: Industrial Planning; Industry 4.0; Preventive maintenance.

1. INTRODUÇÃO

A administração da produção se classifica em duas filosofias bem distintas: “*just-in-case*” e “*just-in-time*”, que caracterizam, respectivamente: Estratégias de mercado a nível de fábrica, nas ideias de tarefas e máquinas especializadas e linhas de montagem dedicadas, e, economicamente, na ideia de ganhos de escala; E estratégias que dão ênfase à redução da quantidade de produtos em processo, o que proporciona uma maior circulação do capital; Ambas priorizam a realização de manutenções preventivas, em detrimento das corretivas, efetuadas pelos próprios operadores (ANTONES JUNIOR & KLIEMANN NETO, 1989).

Manutenção, na literatura, é definida como a ação de conservar equipamentos e máquinas, para que essas estejam em condições ótimas de operação, ou quando denificadas, tenham condições de serem reparadas de forma otimizada (correta e em curto tempo) (FINNOCHIO, 2013).

Na manutenção não se prioriza apenas subsidiar e implantar novos sistemas produtivos, mas é necessário que o tempo de utilização de um sistema, seja o maior possível e que ocorra ao mesmo tempo a otimização da duração de vida útil, e conseqüentemente dos custos. Quando se otimiza a produção de um sistema, deve-se existir um grupo especializado em manutenção na empresa, que dentro do organograma, num nível adequado de chefia, tenham boas condições de trabalho (DE SOUZA, 2018; FINNOCHIO, 2013).

A manutenção corretiva é a forma mais simples e comum de manutenção nas indústrias, onde o foco é o reparo dos equipamentos após algum dano. A manutenção preventiva, como sua própria denominação conota, consiste na prevenção de falhas originadas da parada ou um baixo rendimento de máquinas e equipamentos em operação. A manutenção preditiva é aquela que busca prevenir falhas nos sistemas, equipamentos ou máquinas, acompanhando-se vários parâmetros e indicadores, facilitando que estes sejam operados por mais tempo. E, por fim, a manutenção detectiva ocorre quando se busca falhas pouco perceptíveis em sistemas de proteção (BELINELLE et al. 2007; FINOCCHIO, 2013).

Praticar engenharia de manutenção é evitar o conserto frequente em detrimento da investigação de possíveis causas de problemas, alterar rotinas de mal desempenho, proatividade em antecipação de problemas, comunicação com equipes envolvidas e estar presente constantemente nos projetos e nas compras, principalmente aplicar técnicas mais modernas

possíveis e financeiramente viáveis. Essas atividades são fundamentais para as práticas cotidianas de uma indústria mineradora (FINOCCHIO, 2013). Em 1969, a Nippondenso, do grupo Toyota, (Japão), introduziu o TPM - Manutenção Produtiva Total, a partir da PM (Manutenção Produtiva). Os objetivos da TPM são definidos em cinco pontos: Criar uma organização que maximize a eficiência dos sistemas produtivos; gerenciar a planta como uma organização que minimize as perdas, por meio do estabelecimento de metas orientadas a “zero acidentes” e “zero defeitos”, durante o ciclo de vida das máquinas e equipamentos, envolver todos os setores na implantação do TPM, incluindo o desenvolvimento de novos produtos, vendas e administração; Envolver todos os funcionários desde a alta gerência até os operadores de chão de fábrica; Orientar as ações visando atingir a meta de “zero perdas”, utilizando-se das atividades de pequenos grupos de trabalho (LUCIANO et al., 2020).

Nesse contexto, o objetivo geral desse artigo é um estudo descritivo sobre a aplicação da ferramenta de TPM, utilizando-se como referência uma mineradora de ouro no Estado de Minas Gerais, verificando como essa ferramenta pode auxiliar nas boas práticas de manutenção elétrica em uma empresa mineradora. Esse objetivo parte do ponto de vista da aplicabilidade da ferramenta de TPM para indústrias cujos processos produtivos são complexos e diversos, a ponto de exigir a máxima redução de custos e acidentes na etapa de planejamento, como é em uma indústria mineradora (SOUZA, 2017).

Este artigo está estruturado em cinco seções a contar desta introdução. A seção seguinte trata do referencial teórico sobre a Manutenção; Manutenção Elétrica; Manutenção Produtiva Total (TPM); e Indústria 4.0. Em seguida, é exposto o método utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa. A quarta seção se refere a apresentação e análise dos resultados e, por último, são apresentadas as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1. Manutenção

O início da organização da manutenção ocorreu na América do Norte e na Europa, pois são os primeiros locais onde se desenvolveram as revoluções industriais. De maneira geral, as empresas evoluíram esforços em treinamento de pessoal nas técnicas de organização e

gerenciamento da manutenção. Já no Brasil, devido ao lento desenvolvimento industrial e aos altos custos de operação, houve um baixo nível de organização na manutenção (FINOCCHIO, 2013).

Entretanto, desde a segunda metade do século XX, com a modernização das indústrias no contexto sócio-político brasileiro, sentiu-se a necessidade de reestruturação no nível e na filosofia da organização da manutenção, que atualmente ganha o seu destaque no processo produtivo, para o próprio benefício das empresas e indústrias (FINOCCHIO, 2013).

De acordo com Finocchio (2013), manutenção constitui-se na conservação de todos os equipamentos, de forma que todos estejam em condições ótimas de operação quando solicitados ou, em caso de defeitos, possam ser reparados no menor tempo possível e da forma mais correta.

Segundo Lemos et al. (2011), os tipos de manutenção são as diferentes ações de interferir em instrumentos de produção, de modo que estes se mantenham, pelo máximo de tempo possível, funcionais. São eles:

2.1.1. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva ocorre de duas formas: quando o equipamento apresenta um baixo desempenho, ou quando falha. Dessa forma, pode-se corrigir as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema. Ainda nessa classificação, a manutenção corretiva divide-se em: Não planejada ou planejada (LEMOS, 2011).

2.1.2. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva atua de forma distinta da corretiva, visando evitar a falha do equipamento. Essa manutenção é realizada em equipamentos que não apresentam falhas: Desativando-se o equipamento bem antes do necessário para fazer a manutenção ou estimar o período correto de manutenção do mesmo. Ressaltando-se que a manutenção deve ser feita por pessoas experientes, e de acordo com manual do fabricante. Entretanto, a manutenção preventiva tem suas desvantagens, como as falhas humanas, nos componentes, nas paradas dos equipamentos e nos procedimentos de manutenção, e contaminações de óleo (LEMOS, 2011).

2.1.3. Manutenção Preditiva

Nesse tipo de manutenção, que é uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento, faz-se o acompanhamento do equipamento por meio das medições realizadas quando ele está funcionando, possibilitando maior disponibilidade, já que vai sofrer menos intervenções, ocorrendo apenas quando estiver próximo de um limite estabelecido pela equipe de manutenção (LEMOS, 2011).

A manutenção preditiva antecipa a falha do equipamento e quando se resolve fazer o reparo do mesmo, acontece uma manutenção corretiva programada, sendo que, as condições básicas para que seja estabelecido este tipo de manutenção, são:

- O equipamento, sistema ou instalação devem ser monitorados;
- Para o equipamento, sistema ou instalação deve ser escolhido esse tipo de manutenção, devido aos custos envolvidos;
- As falhas devem ser ter origem de causas monitoráveis (NETTO & ABRAHÃO, 2021).

2.2. Manutenção Elétrica

Para Nakajima (1989), a organização da manutenção era considerada como o planejamento e a administração dos recursos ideias para a carga de trabalho desejada. Atualmente considera-se que a manutenção é uma atividade estruturada da empresa, que está integrada às outras atividades, fornecendo soluções para otimizar resultados.

Para se obter a melhor forma de manutenção em um ambiente corporativo, deve-se atentar aos custos, que podem ser classificados como o quadro 1.

Custos Direto	São aqueles necessários para manter os equipamentos em operação. Neles incluem: manutenção preventiva, inspeções regulares, manutenção preditiva, detectiva, custos de reparos ou revisões e manutenção corretiva de uma maneira geral
Custos de Perda	São custos oriundos de perda de produção, causados: • pela falha do equipamento principal sem que o equipamento reserva, quando existir, estivesse disponível para manter a unidade produzindo • pela falha do equipamento, cuja causa determinante tenha sido ação imprópria da manutenção
Custos Indiretos	São aqueles relacionados com a estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises e estudos e melhoria, engenharia de manutenção, supervisão, dentre outros

Quadro 1 – Classificação dos custos de manutenção.

Fonte: Finocchio (2013).

Para realizar o acompanhamento de custos, deve ser descrito a previsão de custos mês a mês; quanto foi efetivamente gasto em cada mês; gasto realizado no ano anterior (ou anos anteriores); e o *benchmark*, ou seja, os valores da empresa que tem o menor custo de manutenção nesse tipo de instalação (LUCIANO et al., 2020).

Logo, é de suma importância que cada especialidade da manutenção faça um controle de gastos, independentemente da sua divisão. Considerando por fim, o aspecto mais importante do planejamento: mais manutenção não significa melhor manutenção (LUCIANO et al., 2020).

2.3. Manutenção Produtiva Total

Levando em consideração a evolução das técnicas de planejamento em manutenção, e o aumento da competitividade do mercado, as empresas brasileiras têm buscado níveis mais elevados de produtividade e competitividade, por meio da utilização de diferentes metodologias de programas de qualidade. Recentemente tem-se observado um crescimento da adoção do modelo japonês do TPM – *Total Productive Maintenance*, que, de acordo com Nakajima (1989) tem por objetivo melhorar a eficiência dos equipamentos por meio da redução das quebras de maquinário, utilização otimizada dos equipamentos e a redução das perdas nos processos produtivos (CARRIJO, LIMA, 2008).

Tahashi e Osada (1993), descreve cada uma das letras com um significado próprio, como:

- "T" significa "*TOTAL*". Refere-se à uma eficiência “como um todo”, para ciclo de vida do sistema de produção em conjunto com a participação de todos setores da empresa;
- "P" significa "*PRODUCTIVE*". Que se refere à busca da produção até o máximo da eficiência, cuja referência é: "zero defeito, zero acidente e zero quebras";
- "M" significa "*MAINTENANCE*". Que se refere à própria manutenção, no sentido de tratar essa etapa como um processo único.

Para Berndsen (2013), a aplicação do TPM se dá na melhoria da organização de gestão corporativa por meio da reestruturação e melhoria da eficiente de funcionários e equipamentos, com envolvimento de todos os setores da empresa e a maturidade organizacional. Em relação aos equipamentos, ele ainda ressalta que se deve promover a melhoria máxima junto à

produção, por meio da adoção da filosofia dos pilares da TPM ("Quebra Zero", "Defeito Zero" e "Acidente Zero").

O TPM auxilia uma empresa a ter participação de todos os escalões, desde a direção ao “chão de fábrica”, sistematizando a PM (Prevenção da Manutenção), eliminando-se as paradas e defeitos, e criando-se confiança. Além disso, o TPM respeita a inteligência e o potencial de conhecimento de todos os empregados da empresa (Nakajima, 1989).

Takahashi e Osada (1993) ainda reforçam o significado da TPM como: Uma manutenção preventiva mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção. Estabelece-se que, em um ambiente corporativo industrial, o TPM age:

- Tendo como o objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que busca a máxima eficiência do sistema de produção (eficiência global);
- Construindo, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, atingindo "zero de acidente, zero de defeito e zero de quebra/falha", tendo como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção;
- Envolvendo todos os departamentos, começando pelo departamento de produção, e se estendendo aos setores de desenvolvimento, vendas, administração, etc;
- Contando com a participação de todos, desde a alta cúpula até os operários de primeira linha;

Atingindo a perda zero por meio de atividades sobrepostas de pequenos grupos.

2.4 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é a denominação para a quarta revolução industrial, que surgiu em 2010, na Alemanha, com projeto de altíssima tecnologia e digitalização de processos de fabricação e manufatura de produtos, denominado “Fábrica Inteligente”, onde os sistemas informatizados tomam decisões baseados em análise de dados previamente inseridos. A tecnologia dessa indústria se baseia em 11 princípios básicos, como a Realidade Aumentada; Nuvem de Dados; Criptografia Avançada; Simulação; Visão Artificial; Internet das Coisas; *Cyber Physical System*; Manufatura Aditiva; e Robô Colaborativo, unidos para tentar melhorar a produtividade, receita, condições de trabalho e investimento (BORLIDO, 2017).

Considerando ainda que, a Indústria 4.0 tem sido amplamente aplicada com sucesso, principalmente nas indústrias mais modernas do mundo, utilizando-se dos princípios básicos da engenharia de manutenção, como o planejamento por exemplo, que busca otimizar desempenho, minimizar custos e melhorar o ciclo de vida de equipamentos e máquinas. A TPM, então, vem como uma metodologia que permite o setor de manutenção focar seus esforços em eixos bem definidos, como a minimização de perdas e aumento da eficiência da manutenção. A TPM por sua vez alimenta indicadores, como a μ_1 (disponibilidade) e o OEE (Overall Effectiveness Equipment), como mostra a figura 1 (ALMEIDA & FABRO, 2019).

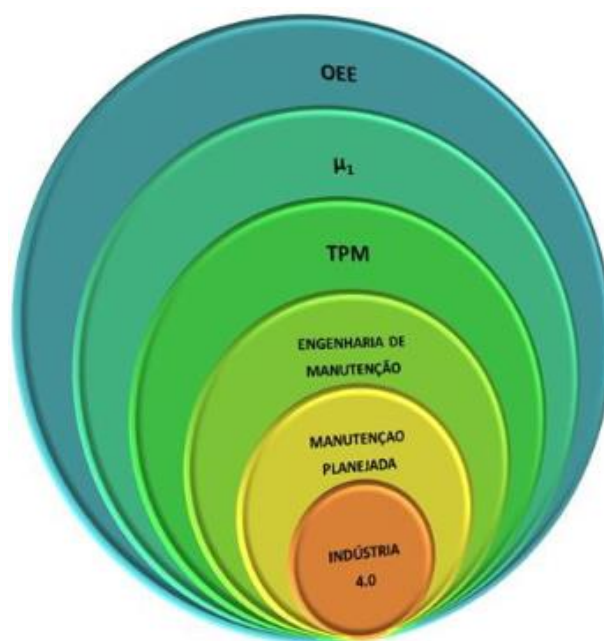


Figura 1 - Pirâmide Curcular da Indústria 4.0
Fonte: ALMEIDA & FABRO (2019).

3. MÉTODO

3.1. Caracterização da área

O presente estudo foi realizado em Paracatu, localizado no noroeste do Estado de Minas Gerais (figura 2), em uma indústria mineradora de ouro.

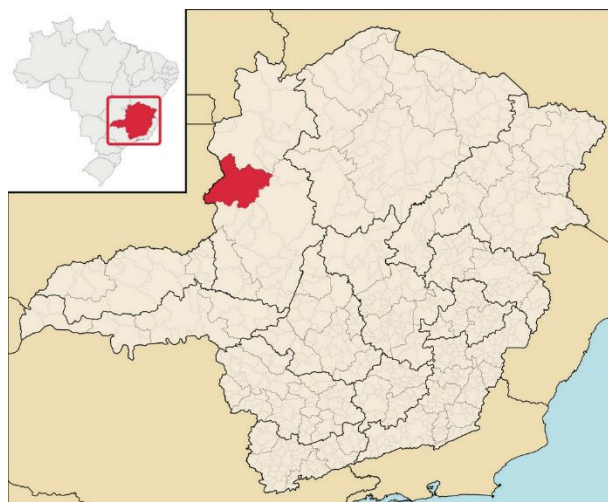


Figura 2 – Localização do município de Paracatu-MG.
Fonte: Google Maps.

A mineradora em questão é o mais importante empreendimento industrial da região noroeste de Minas Gerais, que emprega entre 10 a 15% dos trabalhos formais do município de forma direta, além das empresas que prestam serviço para a mesma, o que reflete em vários outros empregos indiretos. O que acaba por contribuir também para o fluxo de capital do comércio e serviços (VIEGAS, 2010).

Além disso, essa empresa é uma das maiores do mundo no segmento de mineração de ouro, explorando a maior mina a “céu aberto” do mundo. Implicando na necessidade da contratação de diversos serviços terceirizados para descentralizar uma grande quantidade de atividades envolvidas no seu processo principal (extração e beneficiamento de ouro). As exigências em relação à qualidade dos serviços prestados são de alto nível, a fim de manter a empresa funcionando de forma contínua, assim como ocorre na manutenção elétrica, que é vital para o funcionamento contínuo das diversas atividades mineradoras (SOUZA, 2013).

3.2. Estudo Qualitativo

O estudo descritivo foi realizado por meio de listagem e análise das falhas na gestão da manutenção, identificadas *in loco*, entre os meses de agosto e novembro de 2021, por meio dos Relatórios de Manutenção emitidos pela empresa terceirizada, que presta este serviço para a parte elétrica. Utilizado-se de literatura considerada “clássica”, como as obras de Nakajima (1989), Takahashi & Osada (1993), e Berndsen (2013), quanto os trabalhos realizados nos últimos 10 anos, como as obras de Finocchio (2013), Nascimento et al. (2017), Luciano et al.

(2020), entre outros trabalhos relevantes ao tema, para verificar quais procedimentos metodológicos do TPM, analisados pelos princípios da Indústria 4.0, podem ser aplicados a fim de diminuir ou mitigar os problemas identificados. Analisando-se, principalmente, quais são os pontos de falha desse setor da empresa que podem ser corrigidos pela técnica, e quais as consequências à curto, médio e longo prazo na produtividade e redução de gastos.

A pesquisa foi feita de forma descritiva, utilizando-se de metodologia exploratória nos Relatórios de Manutenção da empresa terceirizada, responsável pela manutenção elétrica da mineradora alvo do estudo, e nas observações *in loco* do autor. Os dados coletados foram observados, coletados, analisados, registrados e interpretados do documento definido acima. Os Relatórios de Manutenção correspondem aos: Ordem de Serviço (OS), Relatório de Inspeção, Fichas Técnicas, Fluxograma, Requisições e Solicitações. O conjunto desses documentos formam um “Book” de um processo de manutenção (planejamento, programação e controle), que determinam todas as ações executadas, com detalhes e conformidades com o padrão da empresa analisada pela manutenção. Com base neste foram analisadas informações sobre cronograma, status de conclusão de atividades, informações de orçamento (status de entradas, saídas e sobras), e possibilidade de otimização de custos.

Essas informações são sigilosas, de acordo com os termos de confidencialidade, assinado entre empresa tercerizada e mineradora.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Reconhecendo-se a necessidade de um sistema de organização para controlar as atividades da área de manutenção elétrica da empresa em estudo foi feita uma análise da aplicação do sistema de TPM.

Nas visitas *in loco*, foi possível verificar que:

- Os técnicos e operadores do Setor de Manutenção são responsáveis por revisar o histórico de operação e manutenção, além das vistorias programadas dos equipamentos, para então definir quais são os que necessitam de reparos, e em qual nível, criando-se uma ordem de serviço (OS) no sistema de gestão empresarial utilizado. Essas ações subsidiam os dados para o setor de Planejamento, para definir materiais, peças de reposição, responsabilidades dos funcionários e o cronograma das atividades.

- Quando inicia uma atividade de manutenção, são gerados status em relação ao desenvolvimento da mesma, que é de responsabilidade do técnico. A ordem geral do planejamento segue como:
 - Aguardando Planejamento: OS está no processo de planejamento de compra de materiais para a execução;
 - Aguardando Aprovação: Fase de compra de materiais para o departamento de manutenção;
 - Aguardando Compra de Material: Fase de espera da chegada dos materiais ao departamento de manutenção;
 - Aguardando Programação: Entrega dos materiais e acompanhamento da manutenção, realizando checklist dos materiais utilizados e não utilizados, justificativas e possíveis novas demandas.

O maior problema observado pelo estudo, foi na fase de “Aguardando Compra de Material, onde se esperava que a compra de material fosse otimizada (menor custo e prazo possível), entretanto, existe um problema proveniente desse princípio de, pois, para obter materiais mais baratos, diversifica-se os fornecedores, que possuem prazo de entrega distintos, e como todo material deve chegar para começar as atividades de manutenção, o *lead time* (tempo entre a requisição e entrega pelo fornecedor) ficava alto.

Além disso, as manutenções corretivas emergenciais, diferente das corretivas programadas, dificultava o controle da demanda de material, utilizando-se, nesse caso, material excedente de manutenções anteriores, mas isso nem sempre era possível, pois a demanda poderia ser maior que esse excedente, ou não haver peças disponíveis (NONATO, 2021).

Para resolver esses dois principais problemas e alguns outros identificados ao longo dos últimos quatro meses, foi aplicado o sistema de TPM como segue as análises dos próximos parágrafos, relacionando as soluções com os pilares da metodologia, que são divididos em: I – Resgate do Posto de Trabalho; II – Manutenção Planejada; III – Estrutura de Apoio; IV – Treinamento Operacional; V – Implementação da Cultura.

4.1. Resgate do Posto de Trabalho

Nessa etapa, se fornece as condições básicas de operação dos equipamentos do posto de trabalho (NONATO, 2021). Para resolver a questão relativa ao alto *lead time*, é necessário que

os mecânicos, eletricitas, planejadores e gestores participem do “resgate”. Onde é sugerido que sejam feitas reuniões para definir condições básicas para o trabalho, sendo a principal, a busca pela padronização de processos como forma de definir exatamente quais são os critérios de otimização de preço de prazo. Além disso, importante que se aproveitem essas reuniões para alinhar ações sobre limpeza e manutenção (SOUZA, 2017).

A ação mais importante nessa etapa é a sugestão dos responsáveis pelo Planejamento sobre a melhor forma de otimizar e harmonizar prazo e custos em relação aos fornecedores, estipulando um padrão que deve ser avaliado pelos demais membros das reuniões, e ajustado e aprovado pelo gestor (BELINELLI & FRASSON, 2007).

4.2. Manutenção Planejada

Nessa etapa, deve-se elaborar maneiras de manter as condições básicas estipuladas pela etapa anterior, eliminando a necessidade de novos resgates (SOUZA, 2017). Naturalmente, espera-se que as ações alinhadas nas reuniões tenham diminuição do foco pelos colaboradores com o tempo, e para evitar que haja mais reuniões para redefinir o que deve ser feito, e perder tempo recomeçando todo ciclo, é necessário definir um método e responsáveis pela checagem das atividades previstas pelo Resgate do Posto de Trabalho (BERNDSEN, 2013). Sendo assim, para os casos apresentados, o acompanhamento do uso dos materiais de manutenção elétrica, na intenção de garantir que o excedente esperado seja mantido em uma margem aceitável. E para que isso aconteça, junto à checagem, haja orientação dos planejadores e a atualização frequente da situação aos gestores (SOUZA, 2001).

4.3. Estrutura de Apoio

Nessa etapa, espera-se que todas as etapas anteriores deem condições para a implantação, monitoramento e manutenção da TPM (SOUZA, 2017). Especificamente para o caso em estudo, é sugerido que os gestores atuem de forma incisiva, encontrando os fornecedores ideais (levantados anteriormente), alinhem com eles os prazos e valores, demonstre aos funcionários do setor de manutenção elétrica a ciência sobre suas atividades, realizando cobranças caso necessário (BERNDSEN, 2013). E em caso de descumprimento de

qualquer parte, este seja o ator fundamental de resolução (SOUZA, 2001).

Para que esta etapa seja bem executada, é imprescindível que ele esteja muito bem fornecido e atualizados dos dados necessários, ou seja, a etapa de Manutenção Planejada é fundamental, logo, o papel do planejador também (SOUZA, 2001).

4.4. Treinamento Operacional

Tendo cumprida toda a parte gerencial da TPM, é necessário que os funcionários, neste caso os mecânicos e eletricitas principalmente, tenham condições operacionais para desenvolver seu trabalho (NASCIMENTO et al., 2017). Considerando o setor de manutenção desafiador, visto que o imprevisto e o rápido diagnóstico são fatores comuns na indústria de mineração, é importante que a empresa dê condições a estes funcionários de: 1 - Obter conhecimentos básicos de manutenção, processo de fabricação e qualidade; 2 - Desenvolver novos conhecimentos e habilidades; 3 - Dar autonomia a responsabilidade dentro de limites aceitáveis; 4 – Atualização, por meio de indicadores, da evolução dos mesmos em relação à sua produtividade (SOUZA, 2017).

Além disso, é interessante que a empresa apresente, dentro dessa metodologia, um plano de incentivo ao funcionário pelo cumprimento de metas (individuais ou do setor), como forma de mantê-lo fiel ao propósito da gestão organizacional (SOUZA, 2001).

4.5. Implementação da Cultura

Para corroborar com a etapa anterior, a implementação da cultura organizacional deve ser feita ao mesmo tempo que a etapa anterior, em um processo cíclico, que prevê que o Treinamento Operacional seguirá com qualidade ao passo que o gestor se mostra presente de forma horizontal, ou seja, sempre acessível por todas as camadas hierárquicas envolvidas (NONATO, 2021).

Fica ao cargo dos gestores e planejadores, nessa etapa, convencer as pessoas da necessidade da TPM (LUCIANO et al., 2020), mantendo todos sempre cientes dos objetivos e das características do método, e analisando os resultados dos indicadores de desempenho de forma periódica (SOUZA, 2001).

4.6 Aplicação dos conceitos da Indústria 4.0

Para que a metodologia de TPM seja complementada pelos fundamentos da Indústria 4.0, é necessário que o setor de manutenção traça estratégias que garantam confiabilidade das máquinas e equipamentos, mantendo a produtividade da equipe (COELHO, 2016).

As mudanças devem acontecer em quatro aspectos bem definidos: Desenvolvimento técnico do time de manutenção, aumento da produtividade, previsão total das falhas e redução máxima dos custos com manutenção, utilizando-se técnicas que envolvam a informatização dos relatórios de manutenção, e a sua comunicação online e em nuvem. Para isso é sugerido a implementação de um Painel de Gestão por Indicadores de OEE (*Overall Effectiveness Equipment*), que dão mais objetividade em análises das causas raízes de problemas, por meio do histórico de falhas, classificação de falhas, inserção de planos de manutenção e responsabilidades das atividades (SAKURAI & ZUCHI, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou o estudo e a implementação do sistema de TPM na área de manutenção elétrica, em uma mineradora, ressaltando os benefícios de uma gestão organizacional nos diversos setores hierárquicos envolvidos das atividades.

Foram identificados dois problemas principais (considerados significativos) com a manutenção elétrica da mineradora, por meio da listagem e análise dos Relatórios de Manutenção, e aplicando-se as considerações sobre os pilares da metodologia de TPM foi possível sugerir mudanças nos processos para torná-los mais eficientes.

O TPM é um sistema interessante, visto sua simplicidade, praticidade e baixo custo em relação aos resultados esperados. A implementação da TPM, para os propósitos desse estudo, é considerada uma solução viável do ponto de vista de um Planejador, principalmente do setor elétrico, pois a forma simples como ele auxilia na resolução de problemas, como os apontados pelo estudo, permite à empresa um controle maior sobre suas causas, sobre a evolução da produtividade dos funcionários, sobre a implantação de uma cultura corporativa horizontal e, principalmente, sobre a melhoria do processo de otimização financeira do setor de manutenção.

Acredita-se que os resultados à médio e longo prazo, principalmente devido ao pilar da

“Implementação da Cultura”, é benéfica à empresa como um todo, pois o setor de manutenção é um dos setores mais importantes para o funcionamento de uma indústria mineradora, visto que as atividades são contínuas, o que diminui mais rapidamente o tempo de vida útil das máquinas e equipamentos, logo, os custos são significativos, e qualquer redução proveniente de uma metodologia reconhecida e viável economicamente se torna relevante.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Bruno Guerra; FABRO, Elton. Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 23-39, 2019. Disponível em: <http://ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6840/pdf> Acesso em 03 de Dezembro de 2021.

Belinelli, M., Pilatti, L. A., Frasson, A. C., Manutenção Produtiva Total (TPM) com Ferramentas para Aumento de Disponibilidade de Máquina: estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico. (**XVI SIMPEP**), 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4381759-A-manutencao-produtiva-total-tpm-como-ferramenta-para-aumento-de-disponibilidade-de-maquina-estudo-de-caso-em-uma-industria-do-ramo-siderurgico.html> Acesso: 16 de novembro de 2021.

BERNDSEN, Julio Cesar. Artigo TPM – **Manutenção Produtiva Total Histórico, conceitos e breve análise de implementação em empresa do segmento automotivo**. 2013. Disponível: <http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2013/anais/artigos/gestaoproducao/26.pdf> Acesso em 11 de novembro de 2021.

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017. Dissertação. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf> Acesso em: 03 de Dezembro de 2021.

CARRIJO, José Ricardo Scareli; LIMA, Carlos Roberto Camello. Disseminação TPM– Manutenção Produtiva Total nas Indústrias Brasileiras e no Mundo: Uma Abordagem Construtiva. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-Enegep**, 2008. Disponível em: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/debarbajr/02.Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Industrial/14.TPM%2C%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Produtiva%20Total%20%282008%29.pdf> Acesso em 11 de novembro de 2021.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Tese de Doutorado. 00500:: Universidade de Coimbra. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992> Acesso em 05 de Dezembro de 2021.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. Manutenção Elétrica. **Apostila Didática – Universidade Federal Tecnológica do Paraná**. Cornélio Procopio-PR, 2013. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/disciplinas-da->

[graduacao/materiais-e-equipamentos-eletricos/et35p-materiais-e-equipamentos-eletricos/APOSTILAMANUTENOELTRICA.pdf](#) Acesso em: 16 de novembro de 2021.

LEMO, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, C. M.; CARVALHO, Rogerio Atem de. Qualidade da Manutenção. **XXXI ENEGEP**, v. 31, 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59742892/enegep2011_tn_sto_135_859_1805220190615-80404-b17hmv-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637110721&Signature=NH2rfwJpU7UNJpa7vIvAw5joAh3Qzf2uGFUwf0bLtTt3KS2v9yf5WAK2yTaplRkhFMD-zqEAMwtyQtmPQbzgsQahx3ILOfobWuj~FBSmJQeLcVCJhac60DOPkNYlimbskjknt7J6sR6uuprArEoMrjyaAabo7OtrJ3kxXwVRADEB9XrytpA60N7n~Zn-M3gCtR8mXM7YpPjX7oS45wYKYei4E6U8eV3-BhHJJ2ZtJrOzTtJ7OrSU7XqvIHlEAW3sV02S-63F41ebrAP5pbeDTHMWqn7ao67pZ8aruA9SgBXHAaucQRanfiLFr2qf4Ogml0vPhq8Ju5Ftaljc0kPgg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA Acesso em 16 de Novembro de 2021.

LUCIANO, Érik Leonel et al. Visitantes otimização da manutenção produtiva total (TPM) no setor administrativo de uma empresa de manutenção elétrica. **South American Development Society Journal**, v. 6, n. 16, p. 179, 2020. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/301/272> Acesso em 7 de Novembro de 2021.

NASCIMENTO, Danielle Maria do; DINIZ, Helder Henrique Lima; GABÚ, Adilson Bezerra da Silva. Manutenção Produtiva Total (TPM): Estudo de caso em uma indústria de bebidas. **Revista de trabalhos acadêmicos-universo recife**, v. 4, n. 2- 1, 2018. Disponível em <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=view&path%5B%5D=5138&path%5B%5D=3020> Acesso: 7 de novembro de 2021.

NAKAJIMA, S. TPM development program: implementing total productive maintenance. New York, NY: **Cambridge Productivity Press**, 1989.

NETTO, Wady Abrahão Cury; ABRAHÃO, Wady. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**. Juiz de Fora, 2008. Monografia Disponível em: <https://www.ufjf.br/ep/files/2010/05/Wady-UFJF-Engenharia-Monografia.pdf> Acesso: 7 de Novembro de 2021.

NONATO, Isabela Pedrosa do Carmo. **Aplicação do sistema Kanban na ótica do usuário na área de serviços de manutenção elétrica em uma empresa mineradora**. 2021. Monografia. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3155/6/MONOGRAFIA_Aplica%c3%a7%c3%a3oSistemaKanban.pdf Acesso: 7 de novembro de 2021.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386> Acesso em 04 de Dezembro de 2021.

SOUZA, Francisco Olímpio de. **Implantação da metodologia manutenção produtiva total**

para o aumento da eficiência dos setores de manutenção e produção de uma mineradora no Ceará. 2017. Monografia. Disponível em:
http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29241/1/2017_tcc_fosouza.pdf Acesso: 09 de novembro de 2021.

SOUZA, Keila Valente de; FERNANDES, Francisco Rego Chaves; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez. Mineração e a comunidade local de Paracatu (MG): uma análise dos indicadores sociais, econômicos e institucionais. 2013. Monografia. Disponível em
<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/990/1/19%20-%20Keila%20Valente%20de%20Souza.pdf> Acesso em 04 de Dezembro de 2021.

SOUZA, José Carlos et al. **A manutenção produtiva total na indústria extrativa mineral: a metodologia TPM como suporte de mudanças.** 2001. Dissertação. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79463/1/79208.pdf?sequence=1&isAll>
[owed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79463/1/79208.pdf?sequence=1&isAll) Acesso em: 16 de Novembro de 2021.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção produtiva total.** 5 ed. São Paulo: IMAM, 1993.

VIEGAS, Marina Lapesqueur Baptista. **Os impactos das atividades da mineradora RPM/KINROSS sobre os atrativos naturais do município de Paracatu/MG.** 2010. Monografia. Disponível em :
<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/7308/1/20621565.pdf> Acesso: 09 de novembro de 2021.