UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION (BPMN) NO SETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO DE GRANDE PORTE

Aluna: Júnia Marize Barros Miranda

Orientadoras: Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza

Irce Fernandes Gomes Guimarães

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION (BPMN) NO SETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO DE GRANDE PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito necessário para obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientadoras: Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza

Irce Fernandes Gomes Guimarães

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M672a Miranda, Junia Marize Barros.

Avaliação da aplicação do Business Process Model and Notation (BPMN) no setor de planejamento e controle de manutenção em uma empresa de mineração de grande porte. [manuscrito] / Junia Marize Barros Miranda. - 2022.

50 f.: il.: color., tab..

Orientadores: Profa. Dra. CLARISSE DA SILVA VIEIRA CAMELO DE SOUZA, Profa. Dra. IRCE FERNANDES GOMES GUIMARAES. Coorientador:

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola

de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Engenharia de produção - Mapeamento de processo. 2. Controle de produção - Manutenção. 3. Planejamento da produção. 4. Business Process Model and Notation (BPMN). I. DE SOUZA, CLARISSE DA SILVA VIEIRA CAMELO. II. GUIMARAES, IRCE FERNANDES GOMES. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 658.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO REITORIA ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, ADMINISTRACAO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Júnia Marize Barros Miranda

Avaliação da Aplicação do BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION (BPMN) no Setor de Planejamento e Controle de Manutenção em uma Empresa de Mineração de Grande Porte

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 29 de Setembro de 2022

Membros da banca

[Doutora] - Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Doutora] - Irce Fernandes Gomes Guimarães - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Mestra] - Samantha Rodrigues de Araújo - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Esp] - Anderson do Carmo Pinto - (Planejador)

Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 29/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/10/2022, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do <u>Decreto nº 8.539</u>, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php? acesso_externo=0, informando o código verificador **0405767** e o código CRC **2FAD3F64**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.013635/2022-88

SEI nº 0405767

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000 Telefone: 3135591540 - www.ufop.br

RESUMO

O mapeamento de processos é requisito obrigatório para as organizações que buscam alcançar resultados mais eficientes em toda a cadeia produtiva. A definição dos fluxos do processo é fundamental para identificação das sequências de tarefas que devem ser consideradas, bem como a padronização de trabalhos repetitivos. A fim de agregar valor à cadeia produtiva é necessário avaliar, não somente os fluxos dos diversos insumos que serão utilizados, mas também às informações associadas a cada etapa do processo, bem como se há a necessidade de retroalimentação da etapa anterior com os resultados da etapa seguinte. No setor de manutenção em que as quebras corretivas ocorrem sem momento definido, torna-se ainda mais importante que a equipe conheça bem os fluxos de processo e saibam tomar decisões rápidas e eficientes para que o ativo volte a operar rapidamente sem risco de paralisar o processo produtivo por um tempo elevado.

Palavras chave: Mapeamento de processo, Manutenção, Planejamento e Controle de Manutenção.

ABSTRACT

Process mapping is a mandatory requirement for organizations seeking more efficient results throughout the production chain. The definition of process flows is essential for identifying the sequences of tasks that will be followed, as well as a project of repetitive work. In order to add value to the next step, it is necessary to consider only the flows of the various inputs that will be used, but also as associated information, as well as whether there is a need for feedback from the process step. In the maintenance sector that, as the corrective breaks activate at a defined time, it becomes even more important to learn to learn the process flows back and efficiently to make quick and efficient decisions to take the risk of operation more quickly, production process for a long time.

Keywords: Process Mapping, Maintenance, Maintenance Planning and Control.

SUMÁRIO

1. IN	TRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS:	2
1.1	1.1 GERAL	2
1.1	1.2 ESPECÍFICO	2
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. RE	EFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1	MAPEAMENTO DE PROCESSOS	4
2.1	1.1 NOTAÇÃO BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION –	
BF	PMN	5
2.1	1.2 CICLO BPMN	6
2.2	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	7
2.2	2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO	7
:	a. MANUTENÇÃO CORRETIVA	8
1	b. MANUTENÇÃO PREVENTIVA	9
(c. MANUTENÇÃO PREDITIVA	9
(d. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	10
(e. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC	13
2.3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO – PCM	14
3. M	ETODOLOGIA	16
4. ES	STUDO DE CASO	17
4.1	SETOR DE ESTUDO	17
4.2	TECNOLOGIAS ADOTADAS	18
4.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	19
5. Al	NÁLISES E RESULTADOS	29
6. RE	EFERÊNCIAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais elementos gráficos de larga utilização em uma notação BPMN.	
Tabela 2: Conceituação dos pilares do TPM	1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida do BPMN	6
Figura 2: Tipos de manutenção	7
Figura 3: Pilares de sustentação TPM	12
Figura 4: Fluxo Planejamento de ordens de manutenção	22
Figura 5: Fluxo do Aprovisionamento de ordens de manutenção	24
Figura 6: Fluxo de Programação de ordens de manutenção	26
Figura 7: Fluxo de Preparação de ordens de manutenção	28
Figura 8: Fluxo de Controle de ordens de manutenção	29
Figura 9: Fluxo Proposto para o Planejamento de Curto Prazo	31
Figura 10: Base para planejamento eficiente	36

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de processos tornou-se requisito obrigatório para as organizações que buscam alcançar resultados mais eficientes em toda a cadeia produtiva. Costa e Moreira (2018, p.167) discorrem que o mapeamento objetiva desenhar os fluxos para auxiliar na execução, documentação, monitoramento e controle das atividades organizacionais. Ressaltam que um mapeamento de processos eficiente dependerá da definição dos fluxos de tarefas que o compõem e que tais fluxos devem ser desenhados de maneira a agregar valor em toda cadeia produtiva. Nesse sentido, a definição dos fluxos do processo é fundamental para identificação das sequências de tarefas que devem ser obedecidas, bem como a padronização de trabalhos repetitivos. A fim de agregar valor à cadeia produtiva é necessário considerar não somente os fluxos dos diversos insumos que serão utilizados, mas também as informações associadas a cada etapa do processo, bem como se há a necessidade de retroalimentação da etapa anterior com os resultados da etapa seguinte. Tal fato contribui para a tomada de decisões mais assertivas em relação à toda cadeia produtiva.

Com a pandemia da COVID 19 e a alteração no formato de trabalho presencial para o remoto, um grande número de organizações promoveu a alteração na dinâmica dos processos devido à necessidade de redução do número de colaboradores que atuam de forma presencial. Logo, o mapeamento de processos realizado em determinada condição anterior sofreu alterações e necessita de atualização conforme as condições atuais. Visto isso, o mapeamento de processos deve ser dinâmico e eficiente, refletindo o sequenciamento das etapas da cadeia produtiva com o objetivo de buscar sempre a melhoria contínua. Considerando as diversas ferramentas adotadas para realizar o mapeamento dos processos que compõem uma cadeia produtiva de bens e/ou de serviços, a adoção de notação metodológica visual será abordada de maneira mais aprofundada neste estudo. O BPMN (2011, p.8) ou *Business Process Model and Notation* é uma notação metodológica visual, baseada na utilização de elementos gráficos, para representar os fluxos do processo produtivo.

Considerando os diversos processos produtivos existentes, a atividade de manutenção é fundamental para garantir a confiabilidade dos ativos que são utilizados rotineiramente. Porém, tal atividade, caso não seja bem gerida, acarretará retrabalho, altos custos de produção ou até mesmo a indisponibilidade do ativo necessário ao processo produtivo.

Para sanar tais problemas, são adotadas estratégias de manutenção na tentativa de reduzir os impactos mencionados anteriormente.

Em relação às estratégias de manutenção, o cenário ótimo está diretamente relacionado ao estudo de intervalos ou ciclos entre uma manutenção e outra, de forma a minimizar a ocorrência de imprevistos que podem ocasionar paradas abruptas no sistema ou apenas momentâneas, mas, ambas, com impacto negativo sobre os resultados esperados.

Visto isso, é importante salientar que o processo de manutenção precisa ser bem gerido de forma a torná-lo mais eficiente. Para reduzir o tempo gasto de execução é necessário que as etapas do processo sejam claras, consistentes e de conhecimento dos executantes da tarefa. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo responder a seguinte questão: Como os princípios básicos da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) são aplicados em uma situação real e quais as oportunidades de melhoria?

1.1 **OBJETIVOS**

1.1.1 **GERAL**

Este trabalho tem como principal objetivo analisar os princípios básicos do mapeamento de processos e a notação BMPN (*Business Process Model and Notation*) e como são aplicados em uma situação real.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Apresentar uma revisão bibliográfica sobre mapeamento de processos e suas etapas, notação visual BPMN, gerenciamento de manutenção e ferramentas adotadas;
- Estudar e descrever como é aplicado o BPMN (*Business Process Model and Notation*) na manutenção;
- Analisar, por meio de um estudo de caso, os resultados obtidos e propor melhorias ao setor estudado.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo será divido em 6 capítulos. No capítulo 1 é apresentado a introdução ao tema e uma contextualização do mapeamento de processos e sua importância, estabelecendo as diretrizes do trabalho a partir da formulação do problema e dos objetivos a serem discutidos.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica deste trabalho em relação ao mapeamento de processos e notação BPMN, também é apresentado os tipos de manutenção existentes e a abordagem do assunto por diversos autores. Por fim, é apresentado brevemente o que é o setor de planejamento e controle de manutenção, como é estruturado e qual seu objetivo dentro da organização.

No capítulo 3 está a metodologia adotada para desenvolvimento deste trabalho. Informados os passos a serem seguidos e a proposta de aplicação.

No capítulo 4 é apresentado o setor de planejamento e programação de manutenção da organização estudada, sua estrutura funcional, a descrição dos processos em que são realizados e os fluxos de processos em vigor atualmente.

No capítulo 5 é apresentado os resultados obtidos com base nas análises e discussões realizadas neste trabalho. São realizadas propostas de melhoria e contribuições para o setor.

Por fim, são apresentadas as referências que serviram de base teórica para este estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento de processos segundo Barbrow e Hartline (2015, p. 1) é uma forma de identificar as etapas principais e os fluxos de trabalho em um formato visual para auxiliar a tomada de decisão por parte dos gestores. Ainda segundo os autores, através do mapeamento é possível detectar os fluxos de materiais (recursos físicos), documentos e informações que rotineiramente são manipulados.

Completando tal definição, Rocha, Barreto e Affonso (2017, p. 7) discorrem que o mapeamento de processos está diretamente ligado à análise de atividade de diversos setores dentro da organização como, por exemplo, área de RH, de produção, de marketing, finanças, entre outras. De acordo com os autores, cada setor mencionado anteriormente manipula um ou mais recursos que compõem o processo, sejam eles tangíveis ou não. Ainda segundo os autores, é de extrema importância que a organização desenvolva o mapeamento e a estruturação de seus processos, pois através disto é possível destacar-se perante a concorrência e gerar valor aos clientes que estão ao longo da cadeia produtiva.

Para entender o mapeamento de processos, é importante definir o que é o processo, que segundo Araújo *et al.*, (2017, p. 24) é:

"Processo é um conjunto sequenciado de atividades formadas por um conjunto de tarefas."

Portanto, para mapear os processos é necessário conhecer as etapas que o compõem, a sequência de execução, os recursos e os setores que os manipulam com frequência. Segundo Gomes (2009, p. 26), o processo é composto de subprocessos, atividades e tarefas, sendo o subprocesso definido como a inter-relação lógica de outros processos, engloba uma parte específica dentro da dinâmica do sistema. Ainda segundo o autor, a atividade é um conjunto de ações que são desempenhadas dentro dos subprocessos ou processos que envolvem a obtenção de um resultado particular. Em relação ao mapeamento de processos é o elemento gráfico que aparece com maior frequência, e, finalmente, a tarefa, considerada, pelo autor, como a parte específica da atividade. Logo, para realizar o mapeamento de processos é necessário identificar de maneira visual os elementos citados anteriormente.

2.1.1 NOTAÇÃO BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION - BPMN

Entre as diversas ferramentas em uso para mapeamento de processos, o BPMN (2011, p.8) ou *Business Process Model and Notation* é uma notação metodológica visual, baseada na utilização de elementos gráficos, para representar de forma sequenciada as etapas do processo produtivo. No BPMN a intenção é criar uma linguagem visual padronizada em que seja possível reconhecer e entender a informação presente no fluxograma. Ainda de acordo com o BPMN (2011, p. 8) a notação permite que o usuário seja capaz de identificar, desenhar, documentar, medir, monitorar e melhorar os processos que compõem o negócio, para tanto a organização precisa fomentá-lo de forma contínua, a fim de assegurar que a representação gráfica esteja condizente com a rotina diária que as pessoas que trabalham no sistema desempenham, bem como a estratégia organizacional. Os principais elementos gráficos largamente utilizados na notação BPMN são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Principais elementos gráficos de larga utilização em uma notação BPMN.

Elemento	Notação
Evento	
Atividade	
Entrada	\Diamond
Sequência do fluxo	
Fluxo de Mensagens	~ →
Associações	·····>

Fonte: BPMN (2011, p. 29).

As representações não se esgotam com a Tabela 1, há um número extenso de representações gráficas que podem e são utilizados nos fluxogramas de processo. Após a montagem do mesmo, será possível verificar como é formado o sequenciamento das atividades e identificar a cadeia de valor do mesmo.

2.1.2 CICLO BPMN

Segundo o Guia BPM CBOK (2013, p. 52), adotar a metodologia do BPM implica em continuidade da execução das etapas que compõem o modelo durante o tempo em que este prevalecer dentro do processo. Ainda segundo o Guia BPM CBOK (2013, p. 52), existem diversos formas gráficas utilizadas pra demonstrar as etapas do processo, contudo independente do nome atribuído a etapa, conforme apresentado na figura 1, há uma aproximação da representação clássica do ciclo PDCA. É importante salientar que o ciclo BPM não será fixo para todas as organizações, portanto ao elaborar o ciclo de vida de um processo os gestores definiram quais etapas serão realizadas e monitoradas, podendo o ciclo ser representado de forma sucinta.



Figura 1: Ciclo de vida do BPMN.

Fonte: Adaptado do ABPMP (2013, p. 52)

Conforme o Guia BPM CBOK (2013, p. 52), a fase de planejamento objetiva garantir que o cenário do processo seja de conhecimento de todos os envolvidos e que seja claramente definido o cliente, as entradas, as saídas, como será executado, quais controles serão necessários, entre outros fatores relevantes. A fase de execução engloba o desenvolvimento das etapas do processo, bem como a criação ou o desenvolvimento de ações estruturantes para que o mesmo consiga ser executado. A fase de verificação será realizada a fim de medir a aderência ao que foi proposto no início do processo. E por fim, a fase final seria a da ação, em que são tomadas medidas para que o processo realizado seja continuamente melhorado e refinado.

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo Gregório, Santos e Prata (2018, p. 14), a manutenção pode ser entendida como um conjunto de práticas e procedimentos administrativos que visam manter ou restabelecer a condição ou estado de um ativo para que consiga ao longo do tempo desempenhar a função requerida. Complementando a definição de manutenção, Almeida (2016, p.16) discorre que essa necessidade levou a criação de ferramentas que auxiliem na prolongação do tempo de uso e eficiência de diversos ativos, como máquinas, instalações prediais, equipamentos diversificados e ferramentas. Ainda segundo o autor, a manutenção possui inúmeras definições, contudo há a preocupação em ressaltar em todas as definições que a manutenção é imprescindível para a continuidade das operações de um processo, pois, por meio dela é possível prevenir falhas catastróficas, bem como o elevado custo atrelado ao conserto.

Para Menezes, Santos e Chaves (2015, p. 3), é importante salientar que a manutenção será aplicada em sistemas em que seja viável o reparo. Por vezes, o custo de substituir uma peça ou conserto da máquina é muito elevado, sendo, nesse caso, realizado o descarte ou substituição do ativo. Na Figura 2 são apresentados os tipos de manutenção.



Figura 2: Tipos de manutenção

Fonte: Hierarquia da Manutenção - Almeida (2017)

Para Almeida (2017) há 3 tipos principais de manutenção, são eles: corretiva, preventiva, e manutenção centrada na confiabilidade (em inglês *Reability Centered Maintenance*, sigla RCM). Sendo a corretiva desdobrada em corretiva imprevista ou emergencial e corretiva programada; a preventiva desdobrada em preventiva condicional e preventiva sistemática e, por fim, a confiabilidade de manutenção que pode ser desdobrada na extensão da vida útil e em equipamentos com manutenção otimizada. Nascimento, Diniz

e Gabú (2018, p.2) discorrem ainda sobre a manutenção produtiva total (TPM), largamente adotada nos anos 70 no Japão, como mais uma ferramenta que auxilia no aumento da disponibilidade dos ativos na indústria. Almeida (2016, p.17) discorre que a norma que estabelece os requisitos para implementação e desenvolvimento das atividades de gestão da manutenção é a ISO 55000.

Importante ressaltar que a segurança é um requisito básico e imprescindível para que qualquer tipo de manutenção ocorra. Segundo Silva (2021) é muito difícil padronizar mensalmente quais as atividades de manutenção serão executadas, devido a diversidade de falhas que os ativos estão sujeitos, porém em todos os casos em que há necessidade de correção é necessário que os colaboradores sejam treinados e diariamente sejam estimulados a identificar e prevenir eventos com potencial de gerar acidentes.

2.2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

a. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Gregório, Santos e Prata (2018, p. 14), discorrem que a manutenção corretiva ocorre quando existe uma falha no ativo e esta deve ser sanada de maneira emergencial ou quando é identificado o defeito. Porém, devido ao prazo de atendimento dos insumos a manutenção será realizada em momento oportuno, quando os recursos estiverem disponíveis. Nas duas situações, a manutenção é de suma importância. Pois a parada do ativo prejudica todo o fluxo do processo produtivo, impactando inclusive na parada da linha de produção. Ainda segundo os autores, a manutenção corretiva é subdividida em duas, sendo: emergencial, que o ocorre logo após a falha do ativo, e a programada, em que a execução da manutenção ocorre posteriormente em momento oportuno. Tal fato se deve por causa de prazo de atendimento de materiais, recursos físicos, recursos intangíveis, serviços externos a organização, entre outras situações. Portanto, segundo Almeida (2016, p. 19) na manutenção corretiva a equipe age imediatamente após o quebra ou em momento oportuno, porém com monitoramento constante do defeito para que o mesmo não evolua e resulte em quebra catastrófica. Há que se ressaltar, ainda segundo o autor, que mesmo com a identificação e ação rápida, podem ocorrer impactos relevantes e grandes prejuízos ao processo como, por exemplo, ociosidade de mão-de-obra, atrasos, trabalho sob pressão, peças sobressalentes com valor elevado devido a perda do poder de barganha, entre outras situações.

Para Guimarães, Nogueira e Silva (2012, p. 178), a manutenção corretiva está ligada diretamente ao acompanhamento que é realizado pela equipe de preditiva e dos relatórios de monitoramento digitais gerados por sensores. Uma vez que a informação fornecida ocorre em tempo hábil a manutenção a ser realizada poderá vir a ser planejada e sequenciada de forma que o ativo volte a ter performance.

b. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo Trojan, Marçal e Baran (2013, p. 346) ocorre em momento contrário em relação a manutenção corretiva, pois seu objetivo é que a ação de manter seja executada antes da falha acontecer, ou seja, evitar a falha do ativo. Com o objetivo de reduzir os danos e perdas no processo produtivo, a manutenção preventiva, segundo Almeida (2016, p. 20) ganhou espaço e serve como a ferramenta que auxilia no planejamento e execução de paradas programadas a fim de prevenir defeitos e falhas, ela ocorre de maneira sistemática durante a vida útil do ativo. Ainda segundo o autor, faz-se um diagnóstico dos registros de manutenção corretiva que determinado ativo vem sofrendo ao longo do uso, bem como, do grau de utilização diária e importância do mesmo dentro da planta produtiva. Após a conclusão do estudo é possível diagnosticar quais as causas de parada e quais elementos observados reduzem a vida útil dos ativos monitorados, bem como os sintomas futuros que resultaram em falhas, como, por exemplo, vazamentos, trincas, entre outros e criar um plano de manutenção sistemático de intervenção. Para Gregório, Santos e Prata (2018, p. 14), portanto, a manutenção preventiva tem como objetivo executar o reparo ou troca de partes e peças antes da falha ou após o defeito. Ainda segundo os autores, a manutenção preventiva pode ser classificada como sistemática com intervalos de tempo estudados por cada organização definido conforme necessidade e importância do ativo dentro do fluxo produtivo ou conforme especificação do fabricante. Também pode ser classificada em manutenção preventiva por oportunidade que consiste em aproveitar momentos de paradas de planta, paradas de energia, entre outras oportunidades para otimizar o tempo e verificar as condições operacionais dos ativos. Nesse tipo de manutenção, a verificação pode ser do sistema total ou apenas parcial, ou seja, de alguns sistemas que compõem o todo, por exemplo, em equipamentos móveis como correias transportadoras a manutenção pode se localizar apenas em um ponto específico da mesma como a região de carga ou de descarga.

c. MANUTENÇÃO PREDITIVA

Gregório, Santos e Prata (2018, p. 14) discorrem que a manutenção preditiva ou manutenção baseada na condição é o monitoramento de parâmetros de um ativo que buscam identificar anomalias antes que a falha ocorra. Serão definidos parâmetros prévios que serão monitorados nos ativos, cada ativo pode ou não possuir parâmetros iguais, tal fator dependerá das condições físicas e químicas que os mesmo estão sendo submetidos. É possível a adoção de instrumentos específicos devidamente calibrados para monitorar excesso de vibração, trincas, contaminação, entre outras causas que implicaram em falhas, mas também é possível que sejam realizadas apenas manutenções de rotina como inspeções visuais, lubrificação de componentes metálicos, entre outros.

Para Marques e Brito (2019, p. 8921) a manutenção preditiva tem papel fundamental quando se trata de prevenir falhas relevantes e elevar a vida útil dos ativos, pois é através dela que é possível diagnosticar, ainda no princípio, defeitos que evoluem e geram a parada do ativo. Ainda segundo os autores, ao identificar a possível falha prematura há ganhos em tempo de parada, custos de manutenção, além de reduzir a necessidade de futuras paradas, mas para tanto é necessário a contratação de profissionais capacitados e preparados para exercer a função.

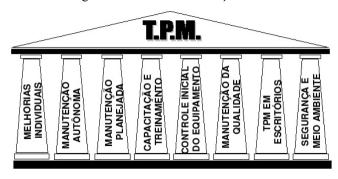
d. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM

Segundo Nascimento, Diniz e Gabú (2018, p.1), a manutenção produtiva total (TPM) é aplicada no Japão a pelo menos 50 anos e seu objetivo é melhorar a qualidade dos produtos fabricados, otimizar os recursos utilizados e aumentar a confiança na manutenção dos ativos. Ainda segundo os autores a TPM é uma ferramenta extremamente importante que as organizações utilizam a fim de se manterem competitivas, eficientes e eficazes na entrega do produto ao cliente, bem como para uma elevada disponibilidade física dos equipamentos que utilizam rotineiramente, pois auxilia na identificação de desperdícios e oportunidades de melhorias dos fluxos de produção. Ainda segundo os autores, a TPM é baseada em oito pilares que envolvem todos os setores da organização e exigem para seu adequado funcionamento um grande alinhamento da equipe, são eles: zero defeitos, zero acidentes, zero quebra, zero falhas, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade.

Segundo Sing *et al.*, (2013, p. 593), a metodologia TPM deve ser implantada de maneira gradual. Ela teve início com o método 5S no Japão, que objetiva conscientizar toda a

organização sobre o ambiente de trabalho, para que este seja mantido limpo, organizado e seguro. Ainda segundo o autor, tal base foi fundamental para que os motivos de perdas sejam identificados com maior agilidade e os problemas detectados, analisados e solucionados, de forma a padronizar a solução para que o mesmo não aconteça novamente. Para Sing *et al.*, (2013, p. 593), a metodologia TPM é baseada nos seguintes pilares, como mostra a Figura 3:

Figura 3: Pilares de sustentação TPM



Fonte: Total Productive Maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study (2013)

Na Tabela 2 é apresentado o conceito de cada pilar, bem como exemplos de aplicações largamente utilizadas nas organizações:

Tabela 2: Conceituação dos pilares do TPM

PILAR	CONCEITO	APLICAÇÕES
Melhorias Individuais	Este pilar visa reduzir as perdas no local de trabalho através de pequenas melhorias realizadas continuamente (WAKJIRA e SINGH, 2012; SETHIA <i>et al.</i> , 2016).	Kaizen
Manutenção Autônoma	Este pilar é voltado para o desenvolvimento de operadores para que possam cuidar de pequenas manutenções, liberando assim o pessoal de manutenção qualificado para gastar tempo em demais atividades de valor agregado e reparos técnicos (WAKJIRA e SINGH, 2012; SETHIA et al., 2016).	Procedimentos de verificação padrão de limpeza, de inspeção, etc
Manutenção Planejada	Busca ter máquinas livres de problemas e equipamentos que produzem produtos livres de defeitos para total satisfação do cliente (WAKJIRA e SINGH, 2012; SETHIA <i>et al.</i> , 2016).	Análise de vibração, análise óleo, etc
Capacitação e Treinamento	Incentiva profissionais cada vez mais capacitados (WAKJIRA e SINGH, 2012; SETHIA <i>et al.</i> , 2016).	Treinamentos internos, PDI
Controle Inicial do equipamento	Promove a limpeza e organização do local de trabalho, fomentando a equipe a descobrir problemas com mais agilidade (WAKJIRA e SINGH, 2012; SETHIA <i>et al.</i> , 2016).	58
Manutenção da Qualidade	O foco está na eliminação de não conformidades em um forma sistemática, bem como na melhoria focada (WAKJIRA	Programa zero defeitos

	e SINGH, 2012; SETHIA et al.,	
	2016).	
	Objetiva melhorar a	
	produtividade, eficiência nas	
TPM em escritórios	funções administrativas e	Gestão a vista
1 F W em escritorios	identificar e eliminar perdas	Gestao a vista
	(WAKJIRA e SINGH, 2012;	
	SETHIA et al., 2016).	
	Regulamenta as ações de saúde,	
	segurança e meio ambiente nos	
Segurança e Meio Ambiente	pilares apresentados	Ergonomia, EPIs, etc
	anteriormente (WAKJIRA e	
	SINGH, 2012; SETHIA et al.,	
	2016).	

Fonte: Autora

e. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC

Para Menezes, Santos e Chaves (2015, p. 9) a Manutenção Centrada em Confiabilidade busca encontrar a probabilidade de um ativo conseguir realizar sua atribuição, ou seja, se um equipamento instalado em determinada planta produtiva não virá a apresentar falhas em determinado período de tempo se funcionar seguindo determinadas condições de trabalho. Já para Cerveira e Sellito (2015, p. 408), a manutenção centrada em confiabilidade engloba diversas técnicas de engenharia para garantir que o ativo cumpra a função ao qual foi desenvolvido.

Para Moreira *et al.*, (2019, p. 846), a manutenção centrada em confiabilidade tem como objetivo estruturar sistematicamente a manutenção, estabelecendo a sequência das tarefas de maneira adequada a fim de assegurar a confiabilidade e segurança dos ativos. Ainda segundo o autor, tal ação será realizada com base nos tipos de ativos que a organização possui e de acordo com a condição operacional, bem como considerando os custos associados. Diversos são os trabalhos que versão sobre aplicações práticas da manutenção centrada em confiabilidade no contexto organizacional, podendo citar Benini e Santos (2021, p. 1-14) que aplicaram a RCM em uma embaladora a vácuo de alimentos, Andrade e Minuzzo (2015, p. 105-120) que utilizaram os conceitos da RCM em uma máquina automática de montagem de capacitores, Silva (2009, p. 1-15) que aplicou a manutenção centrada em confiabilidade a fim de desenvolver um plano de manutenção numa distribuidora de combustíveis, entre outros autores que amplamente utilizam os conceitos e técnicas da manutenção centrada em confiabilidade a fim de aplicar no dia a dia das organizações.

2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO – PCM

O Planejamento e Controle da Manutenção ou PCM para Damas *et al.*, (2018, p. 1) é o setor responsável por planejar, organizar e programar as atividades que serão realizadas nas paradas de manutenção dos ativos, sejam eles móveis ou não. Segundo os autores, o setor deve controlar as causas e os efeitos de suas ações e tem grande importância para manter alto nível de disponibilidade dos ativos utilizados em linha de produção.

Para Damas *et al.*, (2018, p. 3), o PCM deve estabelecer no momento do planejamento da manutenção quais serão os serviços prioritários a serem executados, qual a sequência de execução e a quantidade de etapas, os materiais a serem utilizados, a equipe atuante, o tempo, as ferramentas auxiliares envolvidas no processo, os requisitos de segurança e riscos associados às tarefas, a disponibilidade operacional dos ativos, os custos atrelados, qual o meio será utilizado para obter, manipular e controlar as informações, a negociação com os clientes envolvidos e o controle de indicadores resultante de cada fase de execução da manutenção.

Segundo Braidotti (2016, p. 21), os recursos são escassos e limitados e o PCM tem por finalidade dentro deste cenário, realizar o planejamento e controle da maneira mais eficiente e eficaz possível, pois segundo o autor não há soluções perfeitas ao realizar o planejamento. Pois, segundo o mesmo autor, as pessoas que atuam no PCM devem se embasar nas normas e procedimentos da organização, nos manuais do fabricante, considerando quando necessário as questões macroeconômicas e microeconômicas do ramo de atuação da organização quando estas afetarem a entrega do produto final.

Para Ramos e Schrattner (2020, p. 18) o PCM, na rotina diária, manipular grande volume de informações e a adoção de *softwares* de gestão auxilia para que os dados sejam mais claros e confiáveis, o que implica em resultados ágeis e precisos no momento do planejamento e programação da manutenção. Segundo o autor, infelizmente diversas empresas no momento da adoção do sistema informatizado não tomam os devidos cuidados com o impute correto dos dados, provocando vícios em processos e indução a erro no momento da análise das informações. Logo, o mesmo salienta a necessidade de pessoas treinadas para atuarem no setor. Exemplo de *software* de gestão largamente utilizado nos PCMs é o SAP que é um *software* de planejamento de recursos empresariais, capaz de processar grandes volumes de dados (SAP, 2022). Mais recentemente, outros *softwares* como o *Power BI* vem complementando o formato dos dados do SAP,

majoritariamente como tabela, segundo a criadora Microsoft (2022), o *Power BI* pode ser definido como:

Uma coleção de serviços de *software*, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar suas fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas.

No PCM, o Power BI é utilizado para construção de painéis de visualização de informações. Por meio dele é possível monitorar e analisar de maneira ágil a evolução dos custos mensais, da carteira de ordens de serviço, o ritmo de execução, KPIs, entre outros. Moretti et al (2019, p. 4) discorre ainda sobre a adoção de ferramentas que auxiliam no planejamento e controle como o 5W1H, a codificação e tagueamento de ativos, a ficha técnica, a ordem de manutenção e o treinamento. Ainda segundo o autor, a ferramenta 5W1H norteará quais as ações, os papéis e responsabilidades das pessoas envolvidos no processo de forma clara e organizada; a codificação e tagueamento permitirão a gestão, registrar e controlar a movimentação de materiais, identificar o consumo elevado, o custo, as falhas, entre outros dados que, quando analisados com critérios, transformam-se em informações importantes no momento da tomada de decisão; a ficha técnica que permitirá a identificação dos ativos com no mínimo as informações do fabricante, modelo, ano, custo de aquisição, etc. e a ordem de manutenção, solicitada por inspetor de manutenção ou devido falha prematura solicitada pela equipe de execução da tarefa, que é o mecanismo formal de solicitação de manutenção; por fim, o treinamento servirá como base de conhecimento que os colaboradores usaram para desempenhar as rotinas e processos do PCM.

3. METODOLOGIA

O presente estudo utiliza o método dedutivo, pois segundo Nascimento (2020, p. 14) tal método se baseia na investigação de fatores qualitativos que não podem ser completamente mapeados, pois existe uma grande complexidade na identificação e apuração criteriosa dos fatos e dados, em relação ao método indutivo, em que existe uma maior precisão dos dados obtidos.

Será utilizada a pesquisa descritiva para o desenvolvimento deste estudo. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 52), por meio da pesquisa descritiva o pesquisador observa, registra, analisa e estrutura os dados sem, no entanto, manipulá-los. Ainda segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 60) o estudo de caso é o estudo minucioso que consiste em coletar e analisar as informações sobre variados aspectos da rotina cotidiana, alinhado ao assunto da pesquisa. Visto isso, a obtenção dos dados do presente estudo será realizada através de levantamento dos fluxos dos processos através de pesquisa dos arquivos existentes a fim de identificar quais os atuais fluxos de recursos, bem como identificar as informações necessária que cada etapa do processo necessita para ser executada de maneira eficiente que estão em prática atualmente através da notação BPMN.

Segundo Richardson (2015, p. 90), a pesquisa aplicada é uma tentativa de obter em detalhes as particularidades do cenário, em substituição dos cálculos quantitativos.

Dessa forma, quanto à abordagem, a pesquisa se classifica como qualitativa. Pois, a análise é realizada a partir de dados coletados e obtidos pelo próprio pesquisador. Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada. Já que gera conhecimento para aplicações práticas a fim de solucionar um problema específico. Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória e descritiva, porque envolve levantamento bibliográfico sobre o tema abordado, além de analisar sua aplicação em um caso prático.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 SETOR DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor de mineração, especificamente no setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), na manutenção de equipamentos de grande porte que operam em minas a céu aberto, sendo os equipamentos de grande porte: caminhões fora de estrada, carregadeiras, escavadeiras, perfuratrizes, tratores e retroescavadeiras.

A estrutura do setor é composta pelos seguintes cargos com quantitativo atual: coordenador (1), analista técnico de planejamento e programação (1), analista técnico de materiais (1), planejador de médio prazo (1), planejador de curto prazo (2), planejador de OM (3), programador (4), aprovisionador (9), preparador (4) e controlador (1). Atualmente o planejador de médio prazo ainda não possui profissional designado, sendo o papel desempenhado pelo analista técnico de planejamento e programação.

O escopo das funções técnicas são:

- Planejador de médio prazo: planeja em conjunto com o setor de engenharia as manutenções e recursos necessários para as próximas 52 e 104 semanas, de forma a garantir o cumprimento dos prazos, o produto direto de sua função é o mapa de 52 semanas que norteará as manutenções do período. Considera no momento da elaboração os fatores associados a riscos, custos, adequações à requisitos legais, plano de manutenção sistemático, entre outros.
- Planejador de curto prazo: desdobra o mapa de 52 semanas atualizando o escopo de manutenção para o período de 3 meses, além dos desdobramentos do próximo mês, próxima semana e próximo dia, informando quando pertinente ao centro de operações integradas alterações relevantes no planejamento.
- Planejador de OM: transforma as notas de manutenção abertas no sistema informatizado SAP e planeja detalhadamente o passo a passo da manutenção solicitada incluindo os recursos necessários, além de apontar os riscos atrelados à tarefa na ordem de manutenção criada.
- Programador: programa as ordens de manutenção conforme período solicitado na mesma, garantindo que no momento da parada do ativo os recursos estejam disponíveis, mão-de-obra com treinamento de segurança realizado, local de execução com ferramentas auxiliares disponíveis para uso, sendo entregue ao

cliente executante um cronograma de execução com no mínimo o sequenciamento das tarefas, a duração, os executantes, início e fim das paradas.

- Aprovisionador: garante o atendimento do material solicitado na ordem de manutenção no tempo pedido, realiza interface com fornecedores e diligenciamento do processo de aquisição até a entrega do material ao cliente.
- Preparador: confere os materiais pedidos na ordem de manutenção com o que foi recebido, separa os itens conforme ativo e quantidade necessária, prepara os kits e realiza a entrega com antecedência ao cliente final. Após a execução da manutenção, recolhe as sobras de materiais e coleta os desvios de execução.
- Controle: emite relatórios do sistema informatizado, acompanha os indicadores do setor, analisa evolução diária, mensal e anual, propõe melhorias.

Atualmente, a gestão de custos e gestão de componentes são realizadas por aprovisionadores, tais colaboradores acumulam as tarefas citadas com as atividades de aprovisionamento.

4.2 TECNOLOGIAS ADOTADAS

Atualmente, a empresa tem buscado automatizar processos e iniciou estudos em inteligência artificial para melhorar a análise de dados e visão de todo o sistema, uma visão focada na indústria 4.0. Para tanto são adotadas algumas ferramentas que propiciam gradualmente o alcance desse objetivo. São elas: mapa de manutenção, *Power BI, SAP, Cookpit de om* e gestão à vista. No passado, o setor era responsável pelo tagueamento e codificação de componentes como, por exemplo, o motor devido ao seu alto custo de aquisição, as falhas acarretarem em parada do ativo e necessidade de controle de vida útil constante. Visto isso, afinal, o acompanhamento de tais componentes foi redefinido como ato estratégico na organização e, portanto, tal processo passou a ser atribuído ao setor de engenharia.

Conforme mencionado anteriormente, o SAP na empresa estudada é largamente utilizado nas rotinas diárias. Trata-se de um *software* de planejamento de recursos e com base na extração do banco de dados é possível acompanhar e visualizar quantas solicitações de manutenção existem em abertos para os equipamentos, o período de vencimento, os riscos associados, a quantidade de horas necessárias para execução, os custos, a evolução dos indicadores. Atrelado ao SAP é utilizado o *Cookpit de OM*. Por meio dele, é possível visualizar com mais agilidade um resumo de todas as notas de inspeção abertas, porém sem aceite até o momento, ordens planejadas e dentro delas os recursos necessários (ex:

ponte rolante, guindaste, etc.), em que estado está o pedido de materiais realizado nas ordens aceitas (ex: processo de faturamento, entregue no armazém, entregue em área), mão de obra necessária (ex: elétrica, mecânica, solda). Em resumo, o *Cookpit de OM* é utilizado para visualizar com mais agilidade a situação das frotas de maneira global, enquanto no SAP é possível acompanhar cada equipamento de maneira individual.

Recentemente, o *Power BI* tem ganhado destaque no setor devido a possibilidade de visualizar de maneira ágil a evolução dos indicadores, o volume de ordens para execução no período, as horas de manutenção necessárias, o ciclo dos planos sistemáticos. Tal ferramenta serve como a base da gestão à vista dos indicadores acompanhados pelo setor em formato digital.

Completando a descrição das ferramentas que o setor utiliza, está em desenvolvimento o mapa de manutenção digital, que é um sistema informatizado que auxiliará os setores de PCM da empresa a desenvolverem o planejamento mensal, trimestral e anual, bem como arquivar em local oficialmente designado pela empresa. Atualmente é largamente utilizada a planilha de Excel para desenvolver o plano mensal de manutenção, por ser facilmente acessível por todos os colaboradores, porém o documento é limitado em recursos e devido ao grande número de dados que comumente são inseridos, os arquivos apresentam lentidão.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Conforme já descrito, para realizar as manutenções preventivas e preditivas a organização estudada possui um setor de planejamento e controle de manutenção (PCM) que será responsável por identificar as demandas no sistema informatizados, verificar e analisar qual o fluxo adequado para tratativa, definir condições de execução e controlar o processo. O setor também auxilia nas manutenções corretivas.

Com base nos planos sistemáticos dos equipamentos e no controle de utilização de componentes tagueados é realizada a projeção de manutenção dos equipamentos para as próximas 52 semanas. Com a posse desse cenário, o planejador de médio prazo em conjunto com demais setores pertinentes elabora o esqueleto do mapa de manutenção de 52 semanas. Nesse momento faz-se a análise dos recursos necessários e capacidades de atendimento, adequações de melhorias seguindo a estratégia definida para o ativo, necessidade de mão-de-obra, análise das instalações e análise de risco. Após a criação do documento e validação em conjunto com os setores pertinentes, o mesmo segue para uso.

O planejador de curto prazo deve avaliar o mapa criado e verificar se houve alterações na estratégia de manutenção elaborada há 52 semanas atrás, sua função é desdobrar as manutenções sinalizadas para que sejam executadas, cumprindo a estratégia traçada para o ativo. Em casos de alteração, deve-se avaliar em qual momento a manutenção deverá ser realizada e quais impactos a postergação ou antecipação das tarefas trará na condição operacional do ativo. Seu horizonte de atuação é do dia atual até os próximos 3 meses.

O planejador de curto prazo deve priorizar a parada dos ativos cuja parada inesperada causa impacto significativo ao processo organizacional, seguido de ativos que necessitam de mudanças ou melhorias já indicadas pelo planejador de médio prazo, e, por fim, as demais paradas com duração de tempo elevado ou não. As manutenções podem ter duração de parada extensa e riscos elevados, como também apenas trocas corriqueiras de óleo, trocas de componentes plásticos como mangueiras que desgastam pelo uso, troca de vidros trincados ou quebrados, entre outras necessidades que não serão destacadas com 52 semanas de antecedência, mas devem ser consideradas no curto prazo. Tais demandas são notificadas por meio do SAP, através da abertura de uma nota de manutenção, que após aceita pela equipe do PCM, pelo planejador de OM, entra efetivamente no fluxo do processo. O planejador de curto prazo definirá a parada para manutenção com base no plano sistemático do equipamento definido pela engenharia, em seguida definirá o escopo de manutenção, ou seja, reunirá o conjunto de ordens de manutenção a executar no sistema informatizado com material disponível que deverão ser realizadas na próxima parada. Deve indicar o tempo de parada, o cronograma de atuação, o sequenciamento das tarefas e gerenciar todas as fases da mesma, monitorando o desempenho. Esta função ainda não possui fluxograma de processo definido no setor.

A tarefa de planejamento da ordem de manutenção é fundamental para que o processo de PCM aconteça, a estratégia de criação dos planos sistemáticos e seu ciclo é definido pelo setor de engenharia e as ordens geradas não são manipuladas dentro do processo de planejamento de OM. Tais ordens são automaticamente geradas pelo SAP e não necessitam intervenção manual. Porém, as demandas criadas pela equipe de inspeção e preditiva por meio de uma nota de manutenção no SAP seguem obrigatoriamente o fluxo do PCM e tais notas podem ser aceitas ou rejeitadas. Importante ressaltar que a rejeição de qualquer nota deve obrigatoriamente ser incluída uma justificativa do ato. Para que a demanda seja aceita o planejador de OM deve verificar se não há duplicidade em aberto no sistema e se as informações disponíveis na nota estão conforme procedimento interno. Ao aceitar a nota, esta será transformada em ordem e segue para compra ou programação.

Por meio do *cookpit de OM*, o planejador consegue identificar em lote quantas e quais notas de manutenção estão abertas no SAP e no momento de abertura. O planejador deve sinalizar na ordem quais os riscos que o executante está sujeito no momento da execução da atividade, a mão-de-obra necessária e a respectiva quantidade, a duração da atividade, a descrição detalhada da atividade conforme procedimento, os materiais e ferramentas, os serviços e os equipamentos de suporte. O planejador verifica a necessidade de aquisição de materiais externamente e em caso afirmativo modifica a condição da ordem no sistema para "aguardando o aprovisionamento". Caso não se faça necessário a compra de material, a condição da ordem será aguardar a programação. Na Figura 4 pode ser visualizado o fluxograma do processo com as atividades que agregam valor ao processo são ressaltadas em azul, em amarelo as atividades que não agregam valor, porém são necessárias e, por fim, em vermelho as atividades que não agregam valor e não são necessárias, mas praticadas pelos agentes do processo

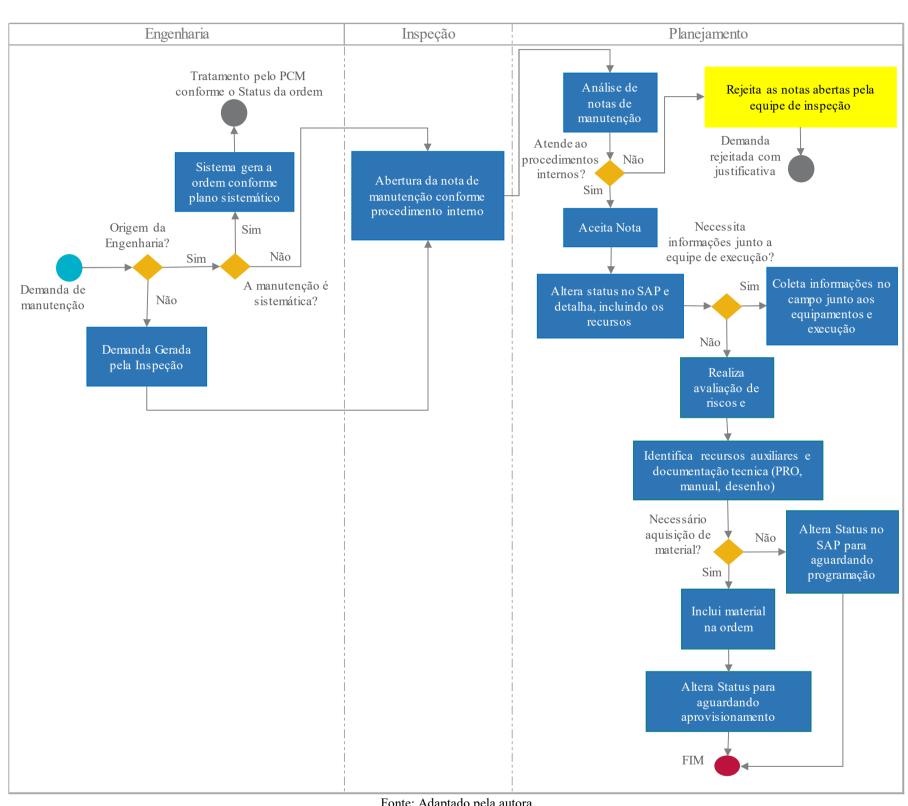


Figura 4: Fluxo Planejamento de ordens de manutenção

Fonte: Adaptado pela autora

Os materiais indicados na ordem criada seguem para aquisição pelo aprovisionador que retornará a informação do prazo de atendimento pelo fornecedor. Caso o material atenda no prazo estipulado na ordem de manutenção, este entra no planejamento de curto prazo e segue o fluxo do processo. Quando o prazo de atendimento extrapola o original solicitado na ordem, ainda assim o material será adquirido, mas há o esforço do aprovisionador de verificar com fornecedores alternativos o atendimento em menor tempo mantendo a qualidade do item. Esse esforço se faz necessário, visto que, enquanto o equipamento não sofrer a manutenção solicitada o risco de quebra é elevado podendo ocorrer a falha a qualquer momento. Para realizar a compra, o aprovisionar utiliza obrigatoriamente o SAP. Porém para acompanhamento em lote de um conjunto de ordens será necessário utilizar o cookpit de om, através dele o colaborador consegue visualizar com agilidade quantas e quais ordens estão abertas sem compra e quais materiais deram entrada no armazém. Mas, a ordem ainda não reflete essa condição, pois é manualmente que ocorre a alteração de aguardando aprovisionamento para aguardando programação. Após a chegada do material e, de acordo com desdobramento da manutenção de curto prazo, a ordem segue para programação.

Na função de aprovisionador também é possível enviar itens para reforma externa, sendo solicitado à equipe de execução de manutenção o recolhimento dos componentes removidos dos equipamentos, realizar o procedimento de limpeza, amarração, documentação e emissão de notas fiscais, transporte e entrega ao prestador de serviços de reforma. Novamente, o aprovisionador deve manter o planejador de curto prazo informado sobre as datas de atendimento e as condições contratuais da reforma. Para exercício das suas obrigações, o aprovisionador tem grande interface com a área de contratos, pois aquisições e envios para reformas não podem ser realizados caso a organização não possua contrato formal de prestação de serviço. Também possui grande interface com a equipe de Armazém, pois os itens adquiridos são entregues no local, conferidos e somente depois despachados para uso. Vale ressaltar que os materiais utilizados na manutenção, por diversos motivos, podem ser utilizados apenas parcialmente, sendo enviados ao setor de armazém onde ficam armazenados como estoque para uso futuro. Na Figura 5 é apresentado o fluxo do processo de aprovisionamento:

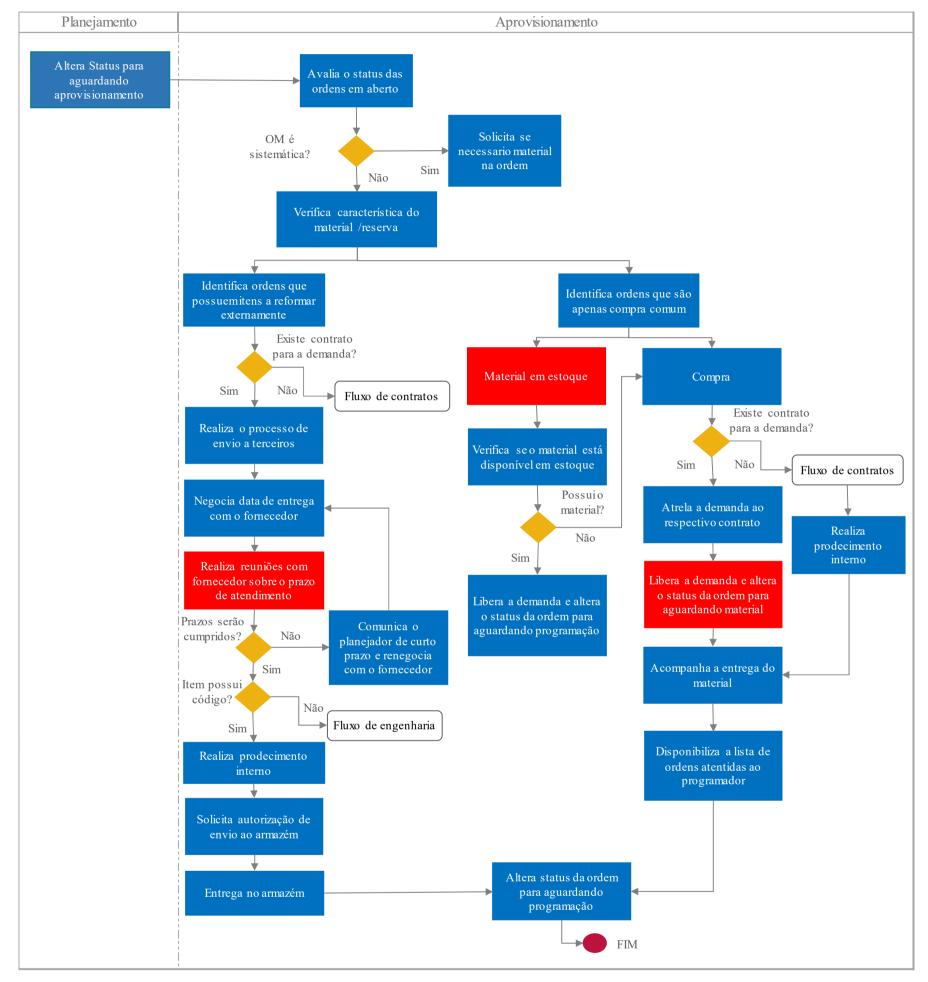


Figura 5: Fluxo do Aprovisionamento de ordens de manutenção

Fonte: Adaptado pela autora

Uma vez atendidas todas as condições para que a manutenção seja realizada, as ordens de determinado equipamento, que devem ser realizadas na próxima parada do mesmo seguem para programação. O programador deve programar as ordens que estiverem com os recursos disponíveis, indicando com riqueza de informações os equipamentos em que a manutenção será realizada, as tarefas a serem executados com riscos e medidas de controle identificados, o local, as condições do local, tarefas que possuem interferências, sequenciamento das atividades com predecessoras e sucessoras das tarefas, data, duração e especificações do trabalho a ser executado. Cabe ao programador utilizar o sistema informatizado para oficializar as paradas e tratar pendências das paradas anteriores.

Planejamento Programação Aprovisionamento Altera Status no SAP Avalia o status das ordens de manutenção para aguardando aguardando programação programação Altera status da ordem Prioriza serviços informados pelo para aguardando programação planejamento de curto prazo Realiza reunião de programação com os setores interessados Trata desvios de programação diários e semanais Divulga o estoque de componentes para a próxima semana Entrega ao preparador a lista de ordens e seus respectivos materiais para a próxima semana Realiza check de recursos disponibilizados para programação Existe pendência de material? Fluxo de Aprovisionamento Sim Não Sim Alguma Fluxo de pendência de planejamento de recurso ou curto prazo des vio de planejamento? Não Finaliza arquivo com a programação da próxima semana, imprime as ordens de manutenção e disponibiliza aos executantes

Figura 6: Fluxo de Programação de ordens de manutenção

Fonte: Adaptado pela autora

No último passo antes da execução da manutenção, a equipe de preparação de posse da lista de ordens e respectivos materiais para próxima semana, disponibilizada pelo programador, identifica a quantidade de itens, a descrição e a aplicação, realiza a separação, contagem e identificação dos volumes e a entrega do material a equipe executante. Caso ocorra alguma sobra de material devido a não uso ou não aplicação, o mesmo é devolvido à equipe de preparação que realiza a devida tratativa.

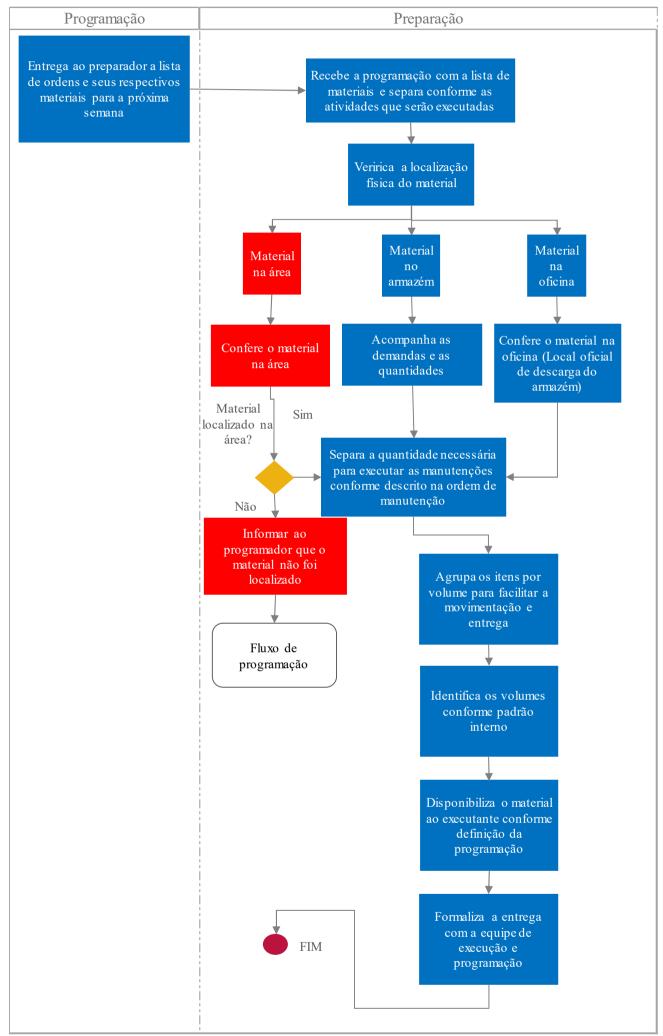


Figura 7: Fluxo de Preparação de ordens de manutenção

Fonte: Adaptado pelo autor

Após a execução da manutenção, o controle de processo analisa o encerramento das ordens no SAP e consolida os desvios propondo soluções para os desvios e falhas por meio de reuniões semanais e por meio dos quadros de gestão à vista para mostrar aos envolvidos no processo como está a evolução do indicador. Esse acompanhamento é realizado diariamente através do *Power BI*.

Execução da Manutenção Controle Verifica se todas as ordens foram As ordens foram encerradas e apropriadas corretamente? Não Efetua lançamento de horas Si de mão-de-obra, serviços e Informa o desvio a recursos nas ordens execução e monitora o Informa a encerramento das evolução dos indicadores Encerra OM e nota no SAP **FIM**

Figura 8: Fluxo de Controle de ordens de manutenção

Fonte: Adaptado pela autora

Portanto, para o processo de manutenção preventiva dos equipamentos é necessário seguir todo o fluxo apresentado.

O setor também lida diariamente com manutenções emergenciais que não possuem fluxo definido. Atualmente, quando a manutenção corretiva ocorre, o mapa de manutenção é reavaliado e as paradas planejadas são reajustadas conforme novo cenário. As ordens de manutenção não são planejadas pelo planejador de OM, implicando em perda de qualidade e apontamentos de riscos das atividades. O aprovisionamento realiza a compra do material com agilidade e, quando possível, o programador adequada as paradas da próxima semana para que uma linha de mão-de-obra atue no equipamento de maneira planejada e programada.

5. ANÁLISES E RESULTADOS

Com base na análise do setor e dos procedimentos normativos que o regem foi possível verificar que o uso da notação BPMN é aplicado e utilizado. Porém não há fluxo definido e claro para todas as funções do setor.

A definição clara dos fluxos do planejamento de médio prazo e do fluxo do planejamento de curto prazo são de suma importância para o processo. Pois o médio prazo orienta como e quando as manutenções devem ser realizadas, já o planejador de curto prazo define como a estratégia será efetivamente desdobrada, visto que, alterações no cenário ocorrem desde a criação e validação do mapa de 52 semanas até o momento da execução das atividades propostas. Foi identificado que o planejador de curto prazo necessita de informações relevantes em tempo hábil de setores externos ao que atua, mas que não são repassadas. Também foi identificada grande interface com funções do mesmo setor, porém o tempo de respostas dos mesmos é lento devido à priorização de atividades do fluxo atual. Isto posto, segue proposta de fluxo para o planejador de médio e planejador de curto prazo:

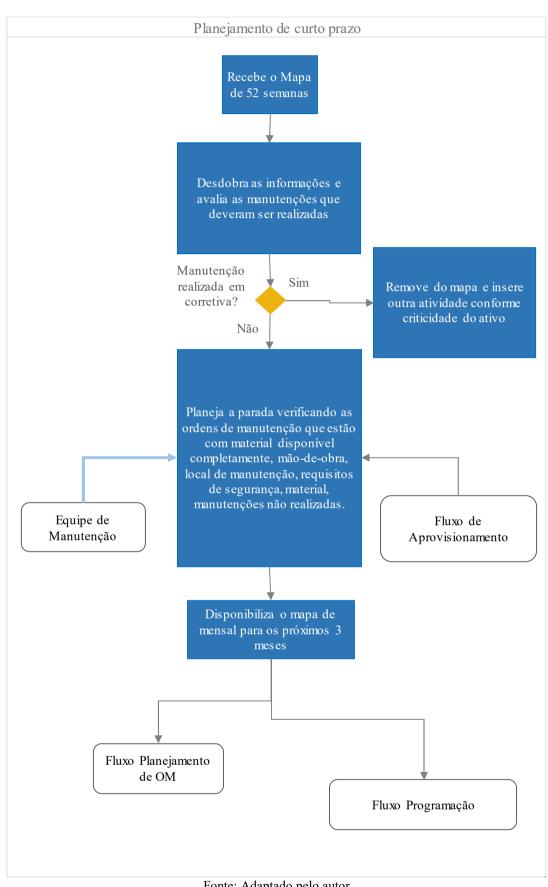


Figura 9: Fluxo Proposto para o Planejamento de Curto Prazo

Fonte: Adaptado pelo autor

Torna-se possível observar no fluxograma que para a execução das atividades de manutenção é necessário a informação sobre mão-de-obra, local de manutenção, requisitos de segurança, material, manutenções não realizadas.

Importante elucidar que via sistema informatizado é possível verificar a quantidade e o turno de atividade para atendimento da equipe de elétrica, de mecânica, de solda. Contudo, no sistema, não é possível identificar quando um colaborador estará de férias ou afastado por motivos conhecidos previamente. Tal fato causa impacto na parada dos equipamentos, pois não há um colaborador que cobrirá as férias em caso de falta de outro no setor de execução. Logo, durante o período que o colaborador se mantiver longe do trabalho, a capacidade de execução de manutenção ficará comprometida. Porém só é possível conhecer a informação previamente se a equipe de manutenção entender que é um fluxo que lhes compete junto ao PCM. Tal situação também se aplica quanto a equipamentos auxiliares e suas respectivas manutenções. São exemplos que se enquadram nesse quesito empilhadeiras, pontes rolantes, caminhões munk, entre outros. Outro fator relevante que foi incluído no fluxo do curto prazo é a informação de disponibilidade do box de manutenção. Atualmente as atividades são executadas em espaços equipados com ferramentas e recursos adequados, porém, devido a interferências externas, o recurso pode ficar indisponível por determinado período de tempo. Para exemplificar, há interferências com a equipe de desmonte de rochas, pois trata-se de mina a céu aberto em que detonações com material explosivo são frequentes para que a frente de lavra avance. Logo, quando as detonações ocorrem nas intermediações da oficina de manutenção, todo o local deve ser evacuado a fim de garantir a segurança das pessoas que atuam no processo. Porém tal fato implica, quando não conhecido previamente em desvio de planejamento, em atrasos na liberação de equipamentos.

Ainda no fluxo do planejamento de curto prazo, é importante salientar que quaisquer alterações nos requisito de segurança ou no método de trabalho que a equipe de execução desenvolve devem ser avaliados e compreendidos pelo planejador de OM. Por conseguinte, a interface com o planejador de curto prazo é muito grande, visto que, atividades realizadas em curto período de tempo podem despender de uma prazo maior, além da inclusão de ferramentas e dispositivos de segurança que por vezes são agregados ao processo e exigem tempo de adaptação e melhoria. Logo, no fluxo proposto foi considerada essa interface entre as funções, bem como, o planejador de curto prazo informar ao planejador de OM a capacidade de execução de mão-de-obra para os próximos 3 meses. Pois os recursos são limitados, logo a quantidade de notas de

manutenção que são transformadas em ordens serão limitadas devido a capacidade de execução.

Há também que se ressaltar a interface que o planejador de curto prazo possui com o setor de aprovisionamento, para definir as atividades de manutenção que serão realizadas é necessário que o material esteja disponível no momento da parada do equipamento, portanto, foi sinalizado no fluxograma a interação entre as duas funções. Mudanças contratuais e atendimento de peças por fornecedores alternativos devem ser claramente informadas, pois impactam no cronograma de atividades elaborado, bem como, no tempo de execução, pois peças de fornecedores alternativos podem exigir modificações no momento da instalação.

Por fim, a interface com a programação e preparação se dá no momento das definições dos dias em que o equipamento irá para manutenção e o que não foi realizado devido a desvios. O planejador de curto prazo deve avaliar junto a programação a viabilidade ou não de parar um equipamento em manutenção. Pois mesmo com o planejamento realizado com antecedência são diversos os fatores que podem contribuir para que as máquinas não sejam solicitadas pela manutenção, por exemplo, quebra em corretiva da máquina backup faz com que a máquina principal do processo não pare, condições climáticas, falta de operador, carretas para transporte de equipamentos de esteira, entre outros. Em relação à equipe de preparação, o planejador de curto prazo deve avaliar junto a ela as ordens de manutenção não realizadas e os desvios apontados para que tal fato ocorresse. Importante ressaltar quanto ao uso de material, o fluxo do processo de manutenção preventiva não prevê que o material esteja disponível na área de execução como é exposto no fluxograma de preparação. Pois, os materiais devem ser geridos pelo armazém, local em que estarão devidamente identificados, separados e seus custos sinalizados, afinal quando o material é comprado e não utilizado trata-se de estoque parado. Logo, no fluxo macro do processo elaborado após a criação do fluxo do planejador de curto prazo, foi suprimido tal informação e ressaltada a necessidade de entendimento do motivo da não aplicação total das peças enviadas e para tanto é necessário uma retroalimentação da área executante ao planejador de ordens de manutenção. Pois, pois devido a melhorias ou modificações no equipamento determinado item não será mais aplicado, sendo, portanto, desnecessária a compra. Outro ponto importante é definir dentro do processo de preparação a interface com o armazém e os mecanismos formais de envio de materiais para reuso, bem como, a forma de visualização dos itens na rotina do aprovisionamento, visto que, não há sentido em adquirir itens que constam disponibilidade em estoque. Por fim, também é importante fomentar a troca das peças quando o material estiver disponível. Em muitas situações ocorre a troca parcial de partes e peças devido subjetividade do executante que considera a troca no momento inadequada, porém ao realizar a troca parcial acaba comprometendo todo o sistema que, por ser interligado, necessita a troca completa para que tenha novamente o desempenho esperada.

Outro ponto verificado é que apesar da adoção de diversas tecnologias ainda é corriqueira a alteração manual de ordens de serviço no sistema, sendo a atividade realizada uma por vez. Com base nos fluxogramas apresentados a alteração é necessária, porém morosa quando executada da maneira atual. O setor adota ferramentas que auxiliam no acompanhamento das condições das ordens ou da evolução dos indicadores, mas ainda é muito dependente da intervenção humana. Como proposta de solução está a adoção do campo de modificação de ordens no *Cookpit de om*, em que com base na entrada de informações pertinentes e suficientes altere automaticamente as condições das ordens de manutenção para a condição seguinte, sendo necessário por parte do usuário do sistema apenas o acompanhamento da ação. Também é sugerido a adoção de ferramentas adequadas para desenvolvimento de cronogramas, atualmente o Excel ainda é largamente utilizado, porém a disponibilidade de recursos e sua super alocação, os caminhos críticos das atividades, as tarefas predecessoras e sucessoras, o sequenciamento das atividades não é visualizado com clareza, sendo muito comum tarefas não serem executadas devido a mão-de-obra estar atuando em outra frente de serviço.

Com base nas informações levantadas e no estudo realizado foi elaborado como proposta de melhoria o novo fluxo do setor com a inclusão do fluxo de planejamento de curto prazo e as alterações no fluxo existentes para suportar a inclusão do processo no setor.

Ainda analisando a organização, foi possível observar que a manutenção é estruturada de forma a realizar um maior número de intervenções planejadas. Visto isso, são realizados diversos estudos para minimizar as paradas em corretivas. A criação das funções de planejamento de médio e curto prazo se deu recentemente, há apenas um ano e meio. Mas tal fato se deu justamente pela iniciativa da organização de buscar ter máquinas mais confiáveis e disponíveis para operação. No mesmo período foi criado o setor de confiabilidade de equipamentos móveis, a fim de fortalecer ainda mais esse posicionamento estratégico. Contudo, ainda é verificado o grande impacto no processo de PCM e um volume extenso de manutenções corretivas. Ainda, importante salientar que o setor estudado é único e atua tanto em manutenções preventivas como dá suporte as manutenções emergenciais que ocorrem durante o período de trabalho administrativo.

Logo, há rotineiramente o desvio de foco dos colabores para demandas urgentes, sendo a equipe de aprovisionamento a mais impactada, pois necessitam verificar com fornecedores melhorias de prazos de peças que são necessárias naquele momento. Também há o desvio de foco dos planejadores de OM para suporte quanto à identificação dos recursos materiais dentro da solicitação emergencial. Vale ressaltar que não é realizado o sequenciamento das atividades dentro da ordem de manutenção o que gera margem para perdas potenciais associadas aos riscos de saúde e segurança.

Em casos ainda mais graves, se torna necessário alterar a demanda de manutenção trimestral e incluir o equipamento quebrado a fila de paradas de manutenção, sendo necessário postergar manutenções planejadas, na qual diversos esforços já começaram a ser dispensados. Pois devido aos recursos serem similares e escassos tanto o ativo paralisado em manutenção quanto o ativo que estaria em fila, estes utilizam os mesmos recursos produtivos. Mesmo pequenas quebras em corretiva impactam drasticamente na parada em manutenção dos demais ativos previstos, visto que, além dos recursos não serem ilimitados para atendimento, para-se a planta produtiva devido à indisponibilidade de máquinas para movimentação de minério.

Outro fator relevante é que quando as manutenções emergenciais ocorrem faz-se necessário a abertura de uma ordem de serviço em corretiva para que seja utilizada pela equipe executante, justificando as horas de trabalho no dia dos colaboradores e também para aquisição de materiais. Porém, é imprescindível a verificação e tratativa de demandas que são previamente criadas no sistema para o equipamento em falha. Mas, como não há um fluxo oficial de retorno para o PCM, muitas vezes a informação chega por meio de redes sociais pessoais, e-mails pessoais, telefonemas, o que dificulta o rastreio das informações e implica em informações desatualizadas na base de dados e gerando compras duplicadas do mesmo item para um problema sanado. Além disso, o setor de execução desenvolve suas tarefas em regime de turno, então possui alternância muito alta e as informações enviadas por meios não oficiais são de cunho pessoal e intransferível, implicando que o processo fique preso a pessoas. O registro em planilhas de Excel também é frequente, tal ação transforma o processo em moroso e improdutivo devido à lentidão de processamento de dados, uso indiscriminado, além de não ser a forma oficial que a organização adota.

Devido à dificuldade de padronização em casos de quebra de equipamentos, este trabalho propõe definir critérios mínimos de criticidade de equipamentos, sendo importante avaliar o que a quebra repentina causa ao processo produtivo global, se há alguma possibilidade

de inclusão de equipamento reserva para desempenho das funções, custo e lead time de fornecimento de peças na tentativa de agilizar o processo de tomada de decisão e direcionamento de esforços dentro do setor de PCM. Pois ao ocorrer mais de uma quebra ao mesmo tempo é necessário priorizar o que pode e deve ser atendido primeiro. Ao setor de confiabilidade, recentemente criado, ressalta a necessidade de nortear tecnicamente os colaboradores do PCM quanto à fila de priorização de criticidade de equipamentos e, consequente, criação de matriz de priorização de tarefas. Pois ao ocorrer mais de uma quebra ao mesmo tempo, a equipe de PCM e manutenção não tem critérios claros de qual equipamento deverá atuar com prioridade e o impacto de sua parada no processo produtivo. Também é necessário conhecer a característica dos defeitos para que os mesmos não sejam desencadeados pela falta de material devido ao não atendimento de fornecedor em tempo hábil, aumentando assim o risco de quebra da frota.

Desta forma, a aplicação da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) no setor de PCM da empresa estudada foi fundamental para que todos os envolvidos tenham um maior entendimento sobre o processo diário, tenham agilidade na tomada de decisão em caso de corretivas, além de identificar em quais etapas há interface com outros colaboradores e quais as entradas e a saídas de cada micro processo. Como oportunidades de melhorias, é importante ressaltar a implementação do fluxo do planejador de curto prazo, pois o mesmo norteará toda a equipe na execução das atividades mensais. O planejador de curto prazo definirá a estratégia mais assertiva a ser seguida, possui grande interface interna no setor estudado, mas também agrega informações externas as setor que são fundamentais no planejamento e programação da manutenção. Portanto, o planejador de curto prazo consegue alinhar mapear os fluxos do processo de manutenção alinhando os requisitos de segurança, com o objetivo de realizar um planejamento eficiente que norteará todo o setor.

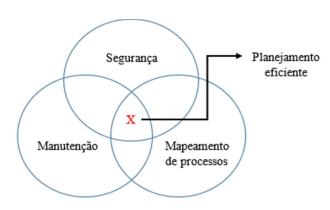


Figura 10: Base para planejamento eficiente

Fonte: Autora

Uma vez que o tema não se esgota ao realizar a análise do fluxo do planejador de curto prazo, sugere-se a continuidade desta pesquisa para elaboração do fluxograma de processo do planejador de médio prazo e a interface externa com as áreas de engenharia e inspeção, bem como a interface do colaborador com os processos internos ao setor estudado.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. D. Manutenção Mecânica Industrial - Princípios Técnicos e Operações. São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

ALMEIDA, T. **O que é Manutenção Industrial de máquinas e equipamentos?** Indústria Hoje, 13/01/2017. Disponível em: https://industriahoje.com.br/o-que-e-manutencao-industrial-de-maquinas-e-equipamentos. Acesso em: 09 de julho de 2022.

ARAUJO, L. C. G.; GARCIA, A. A.; MARTINES S. Gestão de processos: melhores resultados e excelência organizacional – 2. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

BARBROW, S.; HARTLINE, M. Process mapping as organizational assessment in academic libraries. Performance Measurement and Metrics, 2015.

BENINI, L.; SANTOS, A. **Utilização da manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em embaladora à vácuo de alimentos.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 7, n. 2, p. 12021-01-14e, 2021.

BPMN. **Business Process Modeling Notation**, v.2.0. OMG. 2011. Disponível em: Disponível em http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/ Acesso em: 22/06/2022

BRAIDOTTI JR., J. W. A governança da manutenção na obtenção de resultados sustentáveis. Rio de Janeiro: Editora ciência moderna, 2016, p. 5-69.

CBOK, Bpm. **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio**. Corpo Comum do Conhecimento-Abpmp Bpm Cbok, v. 3, 2013.

COSTA, M. T. P.; MOREIRA, E. A. Gestão e mapeamento de processos nas instituições públicas: um estudo de caso em uma Universidade Federal. Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL, p. 162-183, 2018.

CERVEIRA, D. S.; SELLITTO, M. A. Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise quantitativa de um forno elétrico a indução. Revista Produção Online, v. 15, n. 2, p. 405-432, 2015.

DAMAS, L. F. Q., NASCIMENTO, L. D., COSTA, E. D. L., SILVA, E. D.S. 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. Anais VII Singep, 2018.

GREGÓRIO, G. F. P.; SANTOS, D. F.; PRATA, A. B. **Engenharia de manutenção** – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GOMES, D. R.. Mapeamento de processos como ferramenta de avaliação de processo produtivo: estudo de caso de uma empresa do pólo de cerâmica de Campos

RJ – 2009 - Disponível em: <
 http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LEPROD_6975_1251810639.pdf > Acesso em: 07 de junho de 2022.

GUIMARÃES, L. M; NOGUEIRA, C. F.; DA SILVA, M. D. B. Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM). e-xacta, v. 5, n. 1, 2012.

MARQUES, A. C.; BRITO, J. N. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.

MENEZES, G. S.; SANTOS, M. M. N.; CHAVES, G. L. D. O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (TPM): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). Revista Gestão Industrial, v. 11, n. 4, 2015.

MICROSOFT. **O que é Power BI**. Julho, 2022. Disponível em < https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/power-bi-overview>, acesso em 01 de julho de 2022.

MINUZZO, G. S; ANDRADE, J. J. O. Estratégias de manutenção baseadas em análise de confiabilidade: Aplicação em uma máquina automática de montagem de capacitores. Revista Ingeniería Industrial, 2016.

MOREIRA, T. B. SILVA, D. B., BEZERRA, P. H. R., CARVALHO, W. J. S. **Proposta de aplicação da manutenção centrada na confiabilidade no desenvolvimento do plano estratégico da manutenção: um estudo de caso.** Brazilian Journal of Business, v. 1, n. 3, p. 842-856, 2019.

MORETTI, I. C.; CRUS, P. G.; GUIMARÃES, T. C. Planejamento e controle da manutenção (PCM): um estudo de caso em uma empresa de confecção de bonés. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa. 2019. p. 1-11.

NASCIMENTO, D. M.; DINIZ, H. H.; GABÚ, A. B. Manutenção Produtiva Total (TPM): Estudo de caso em uma indústria de bebidas. REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS-UNIVERSO RECIFE, v. 4, n. 2-1, 2018.

NASCIMENTO, L. P. Elaboração de projetos de pesquisa: Monografia, dissertação, tese e estudo de caso, com base em metodologia científica. Cengage Learning, 2020.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

RAMOS, M. J.; SCHRATTNER, R. Implantação de sistema de planejamento e controle da manutenção em uma indústria de ingredientes alimentícios. Revista Técnico-Científica, n. 23, 2020.

ROCHA, H. M.; BARRETO, J. D. S.; AFFONSO, L. M. F. **Mapeamento e** modelagem de processos. Porto Alegre. Grupo A, 2017.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social, métodos e técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

SAP. **O que é Power SAP**. Julho, 2022. Disponível em < https://www.sap.com/brazil/about/company/what-is-sap.html>, acesso em 01 de julho de 2022.

SETHIA, C. S., SHENDE, P. N., DANGE, S. S., A Case Study on Total Productive Maintenance in Rolling Mill, International Journal of Scientific Development and Research (IJSDR), Vol. 1, Issue 3, ISSN: 2455-2631, March 2016.

SINGH, R., GOHIL, A. M., SHAH, D. B., DESAI, S. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. Procedia Engineering, v. 51, p. 592-599, 2013.

SILVA, A. V. Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade para desenvolvimento de um plano de manutenção em uma distribuidora de combustíveis. Anais do XXIX ENEGEP. Salvador: ABEPRO, 2009.

SILVA, R. A. L. Gerenciamento da Manutenção correlacionada à Eficiência da Segurança. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 20, p. 21-21, 2021.

TROJAN, F.; MARÇAL, R. F. M.; BARAN, L. R. Classificação dos tipos de manutenção pelo método de Análise Multicritério ELECTRE TRI. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, p. 343-357, 2013.

WAKJIRA, M. W., SINGH, A. P., **Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry**, Global Journal of Researches in Engineering, Volume 12, Issue 1, Version 1.0, February 2012.