



Desafios na implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) na indústria

Bruno Moreira Bolognani dos Santos

brunomoreirabs@icloud.com

Daniel Antônio

danielantonio.da104@gmail.com

Gillialy Raissa de Oliveira Souza

gillialy-raissa2010@hotmail.com

Luis Augusto Teixeira de Faria

luisfaria2302@hotmail.com

Matheus Gabriel Silva Lima

lima85330@gmail.com

Orientador: Prof. Me. Francisco Reginaldo da Rosa

Coordenação de Curso de Engenharia Mecânica

Resumo

Nos dias de hoje, nota-se quão globalizado e industrializado o mundo se tornou, e o quanto mais fábricas e empresas podem ser vistas tanto em cidades pequenas, quanto metrópoles influenciando no desenvolvimento da cidade, e do mundo como um todo. Para que uma empresa possa evoluir e se desenvolver, há uma constante busca por métodos que possam acelerar o crescimento das fábricas, podendo produzir mais e com qualidade. Com isso, um assunto muito abordado é a manutenção, onde preocupa-se sempre em ter equipamentos em ótima qualidade e ativos para um melhor rendimento da empresa. A partir disso, veio a ideia do RCM, ou seja, a manutenção centrada na confiabilidade, um método criado pela Marinha dos EUA para um melhor rendimento e organização de seus ativos, o que revolucionou seu uso e para melhor, reduzindo custos e aumentando o desempenho de seus equipamentos. Partimos para uma pesquisa de campo na região do sul de Minas, quais seriam os desafios para implementação do RCM nas empresas, visto os benefícios que poderiam ser gerados, e a partir da coleta de dados analisar cada ponto, definindo o que é importante para se implantar esse método numa empresa, quais os métodos que já são seguidos, e a possibilidade de tal feito.

Palavras-chave: Confiabilidade. Gestão. Indústria. Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade grande parte das empresas ainda vêem a manutenção como um custo em seu processo, pois olham apenas para a manutenção preventiva que causa várias paradas de equipamentos e não leva em consideração a necessidade

de produção, a solução atual para evitar esses gastos grandes, é a manutenção centrada em confiabilidade.

A manutenção centrada na confiabilidade estabelece a melhor estratégia de manutenção, reunindo as melhores técnicas de manutenção. Tendo como objetivo principal aumentar a disponibilidade dos equipamentos, otimizando a produtividade e melhorando processos, ela necessita de gerenciamento e monitoramento. Para um monitoramento são necessários mão de obra qualificada, sistemas e indicadores funcionando perfeitamente antes do início, da manutenção centrada na confiabilidade.

No que se refere ao objetivo deste trabalho, consiste em desenvolver uma análise de como o setor industrial encara a manutenção centrada na confiabilidade. Nesse sentido, buscar entender quais as principais dificuldades ao tentar implementar esse modelo de gestão. Avaliar como é a gerência de cada empresa, quais os tipos e procedimentos utilizados e os problemas enfrentados ao instalar um novo sistema organizacional para desenvolvimento e evolução do setor de manutenção. Buscando entender qual a melhor forma de implementação e o que pode atrapalhar a adesão de novos meios de gestão de uma empresa.

A indústria para se manter competitiva no mercado busca por excelência em seu produto acabado e também em seus processos produtivos, e para atingir essa excelência são necessários alguns investimentos, como mão de obra qualificada, tecnologias e sistemas de gestão.

Segundo Bueno (2020, p.7), "de uma forma geral, a manutenção constitui-se na conservação de todos os equipamentos, de forma que todos estejam em condições ótimas de operação quando ou, em caso de defeitos".

Para tal feito é necessário gerir a manutenção como uma das principais aliadas, não apenas quando necessário e para prevenir quebras que atrapalharam muito o desempenho do processo produtivo. Desta maneira, as metodologias adotadas pela manutenção voltaram-se cada vez mais para os ganhos em produtividade, qualidade do produto, redução de custos e de manutenção.

Com a automatização das máquinas e grande mecanização dos serviços, foi necessário melhorar e priorizar cada vez mais a confiabilidade das máquinas com produtividade e disponibilidade cada vez maior das linhas de produção.

Segundo Bueno (2020, p.9), "o gerenciamento é um processo bem abrangente, que engloba desde o controle dos equipamentos industrial até a máquinas e ferramentas utilizadas pela manutenção"

Nesses termos, segundo Rausand (1998), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), do inglês: *Reability Centered Maintenance*, desenvolvida na década de 60 pela indústria aeronáutica americana baseada na gestão de ativos e sua confiabilidade, buscando por diminuição de gastos com perdas e atividades de manutenção, aumentando a segurança de processos e serviços. A metodologia é baseada na probabilidade de erro de um determinado período de tempo em que o equipamento desempenha sua função, assim certificando que os ativos irão performar de modo que foram projetados ainda que após anos de uso.

Para implementação do RCM é necessário ter um programa de planejamento de manutenção bem definido.

Mesmo com todas as dificuldades e a velocidade de produção do nosso período industrial, esperamos ter resultados cada vez melhores com cada fase do RCM implantada, e ao finalizar o processo de implantação ter resultados bem visíveis. O meio adotado para pesquisa deste trabalho foi a entrevista com o gestor de manutenção de algumas empresas.

2. Desenvolvimento

2.1 Tipos de Manutenção

Os vários tipos de manutenção são caracterizados pela maneira que são realizadas as intervenções nos equipamentos, sistemas e instalações. As atividades realizadas antes que antecipem a falha são caracterizadas como proativas, as realizadas depois da falha para uso do equipamento são reativas. Para se escolher o tipo de manutenção a ser usado será necessário fazer uma análise individual de cada equipamento pelo fato de o custo de reparo ser menor que o de prevenção, não se consegue manter uma preventiva por muito tempo sem um propósito claro.

2.1.1 Manutenção Corretiva

Kardec & Nascif (2010) definem manutenção corretiva como atuação para correção da falha ou desempenho menor que o esperado. Manutenção efetuada

após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida

Manutenção corretiva programada é a intervenção em um equipamento por causa de uma falha detectada e a falha não compromete a produção dos demais componentes, para melhor solução deve se fazer um alinhamento com o departamento de produção.

2.1.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva visa evitar a ocorrência da falha, principalmente nos setores onde o fator de segurança é o principal é o primeiro a se levar em consideração, como por exemplo em elevadores e aeronaves. Se analisarmos apenas o custo da manutenção ela é mais cara por trocar itens e reformar componentes antes de atingirem o limite de vida, porém ao analisarmos a empresa como um todo essa manutenção aumenta a disponibilidade da máquina evitando paradas e interrupções na produção.

Sempre que for possível identificar precisamente uma vida útil a partir da qual a frequência de falhas aumenta em função do tempo, é possível estabelecer um intervalo fixo para ações preventivas baseado no tempo. Neste caso, estamos considerando que existe um limite de vida, a partir do qual a probabilidade de ocorrência de falhas aumentará ao longo do tempo (XENOS, 1998).

Grande parte das empresas rotineiramente utilizam o tempo reservado para manutenção preventiva trabalhando em manutenções corretivas, sem uma boa manutenção preventiva as falhas tendem a aumentar e ocupar todo o tempo do pessoal da manutenção

A manutenção preventiva necessita da retirada do equipamento da produção para execução dos serviços programados segundo Kardec&Nascif(2010), questionamentos a política de manutenção preventiva sempre serão levantados, se os conjuntos de fatores não forem fortes e claros suficientemente.

Ponto negativo com relação a manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes no equipamento devido a falha humana ou do sobressalente, contaminações introduzidas no sistema de óleo, danos durante a partida e parada bem como a falha dos procedimentos de manutenção (KARDEC & NASCIF, 2010).

2.1.3 Manutenção Preditiva

A grande quebra de paradigma da manutenção foi a manutenção preditiva, esse tipo de manutenção é capaz de otimizar o uso do equipamento, com isso a interrupção na linha de produção só é realizada com embasamento em histórico da

evolução da falha, segundo Kardec&Nacif (2010), a manutenção preditiva privilegia a disponibilidade por não promover a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pelas medições serem efetuadas com o equipamento produzindo, com aplicação sistemática de técnicas de análise utilizando meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Segundo Kardec&Nascif (2010) é realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, acompanhando uma sistemática.

A manutenção preditiva consiste na monitoração, por inspeção e medições, das condições do equipamento até que sejam atingidos limites de deterioração predeterminados, o que poderá determinar a desmontagem para reforma ou troca de peças e componentes. Estas ações levam em conta que a maioria das falhas apresenta algum tipo de sinal que indica o provável instante da sua ocorrência (XENOS, 1998).

2.1.4 Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90. Sua denominação Detectiva está ligada à palavra detectar em inglês *Detective Maintenance*. Manutenção Detectiva é a atuação em sistemas de produção buscando detectar falhas ocultas. Assim, são tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando, representam a manutenção detectiva. A identificação de falhas ocultas é essencial para garantir a confiabilidade. Cada vez mais utilizados os computadores digitais, a instrumentação é utilizada em empresas. São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), multi- *loops* com computador supervisor e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo. Sistema de *shut-down* ou sistema trip garantem a segurança do processo quando esse sai de sua faixa de operação segura. Esses sistemas de segurança são independentes dos sistemas de controle utilizados para otimização da produção (Vedan 2021).

Os sistemas de *trip* ou *shut-down* são a última barreira entre a integridade e a falha. Graças a eles as máquinas, equipamentos, instalações e até mesmo plantas inteiras estão protegidos contra falhas e suas consequências. Esses sistemas são projetados para atuar automaticamente na iminência de desvios que possam comprometer as máquinas, a produção, a segurança no seu aspecto global ou o meio ambiente. Os componentes dos sistemas de trip ou shut-down, como qualquer

componente, também apresenta falha. As falhas desses componentes e, em última análise, do sistema de proteção, podem acarretar dois problemas, não atuação e atuação indevida.

2.2 PCM - Planejamento e controle da manutenção

O planejamento e controle da manutenção é muito considerável para uma empresa. Desse modo, isso determina parcialmente o sucesso a longo prazo da empresa, pois os recursos mal aproveitados podem interromper as operações e fazer com que a corporação perca dinheiro. No que se refere ao (PCM), nada mais é que um setor que controla a área de manutenção, a fim de planejar estratégias eficientes que otimizam tempo e reduz custo, buscando resultados produtivo para o setor de manutenção. Nesse sentido, segundo Silva (2018) o (PCM) baseia-se em 3 pilares: planejamento, programação e controle.

O planejamento desenvolve o que deve ser feito antes de executar uma operação de manutenção, visando detalhar todos os processos passo a passo, seja ela manutenção preventiva ou preditiva.

A programação consiste em programar as tarefas que foram planejadas para que as ações básicas sejam tomadas. Elas podem acontecer semanalmente, mensalmente ou anualmente. Todas as ações nessa fase devem ter prazos estabelecidos, sempre de acordo com os critérios que foram alinhados na fase de planejamento da empresa.

O controle verifica se os trabalhos estão sendo desempenhados de acordo com os planejados por meios de comparação e padrões definidos. Sendo assim, é preciso examinar todo o processo da execução das primeira e segunda etapas por meio de métricas e indicadores de manutenção – MTBF, MTTR, Backlog, cumprimento da programação semanal.

2.3 Análise de Risco dos Modos de Falha (FMEA)

O FMEA tem como objetivo avaliar e reconhecer as falhas potenciais identificando ações que possam eliminar a chance de ocorrência e documentar o estudo criando referencial técnico para auxiliar em futuras revisões (Fogliato&Ribeiro,2009 p.177). O objetivo do FMEA com análise de risco é avaliar e identificar a criticidade dos modos de falha dos diversos componentes físicos, com

foco nos efeitos das falhas e seu impacto na função dos sistemas e subsistemas (Caiado 2011).

De acordo com Helman e Andery (1995, apud Tondin et al 2016), aumentar a confiabilidade implica na previsão de falhas e adoção de medidas preventivas, desde a etapa de elaboração do projeto até sua execução. A FMEA tem se mostrado muito importante no aumento da qualidade e confiabilidade.

A metodologia de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos teve a sua origem em operações militares, ele surgiu no ano de 1949, nos Estados Unidos, na época, foi denominado de Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Consistia em uma técnica para avaliação de confiabilidade dos sistemas e falhas em equipamentos. Depois a NASA também começou a usar variações da ferramenta (HENRIQUE & FIORIO, 2013).

De acordo com Oliveira et al (2015), a aplicação da FMEA pode ocorrer no processo produtivo ou no projeto aumentando a confiança e reduzindo os riscos de erro e aumentando a qualidade em procedimentos para definir ações de prioridade. Para sua elaboração precisamos listar os componentes, funções ou serviços que podem falhar e determinar a ocorrência, os efeitos e os modos de falha com essas informações calculamos o risco inerente de falha (RPN). O valor do risco é um múltiplo da ocorrência, severidade e detecção, essas variáveis são tabeladas numa escala de 1 a 10. Conforme quadro 1, são apresentados, os valores para cada tipo de ocorrência e quanto maior o valor maior sua chance de ocorrência.

Quadro 1: Ocorrência de Falha

Classif.	Critério
1	Chance Remota de Falha
2	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos
3	Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos
4	Frequência baixa: 1 vez por ano
5	Frequência ocasional: 1 vez por semestre
6	Frequência moderada: 1 vez por mês
7	Frequente: 1 vez por semana
8	Frequência elevada: algumas vezes por semana
9	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia
10	Frequência máxima: várias vezes ao dia

Fonte: Silveira (2012)

Depois do cálculo do risco e a elaboração do FMEA as ações são definidas para os riscos com maior pontuação, quadro 2, conforme Silveira (2012) o documento gerado deverá ser analisado e revisado periodicamente.

Quadro 2: Análise de modo e efeito de falha potencial

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL								
Nº. FMEA: 122			Data de Início: 27-08-2012			Responsável: Cristiano		
Área: Resfriamento de Cubas			Revisão: 01			Preparado por: João		
Sistema: Bombeamento			Equipe: João, Felipe, Pedro			Telefone: (15) 3021-6257		
Nome do Componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Efeito(s) Potencial(is) de Falha(s)	OCORR (tab1) (O)	SEVER (tab2) (S)	DETEC (tab3) (D)	RISCO (RPN) (O)*(S)*(D)	Ação Corretiva Recomendada
M212 - Motor Elétrico	Bombear água para a caixa d'água central	Estator - Falha de isolamento	Perda de Fluxo	1	3	5	15	
		Estator - Enrolamento danificado	Perda de Fluxo	4	4	6	96	Realizar inspeção mensal no estator
		Estator - Rotor Queimado	Perda de Fluxo	4	4	5	80	Realizar termografia mensalmente
		Estator - Vibração Excessiva	Perda de Fluxo	5	6	5	150	Realizar análise de vibração mensalmente
		Estator - Rolamento Travado	Perda de Fluxo	5	6	6	180	Realizar inspeção semanal no rolamento

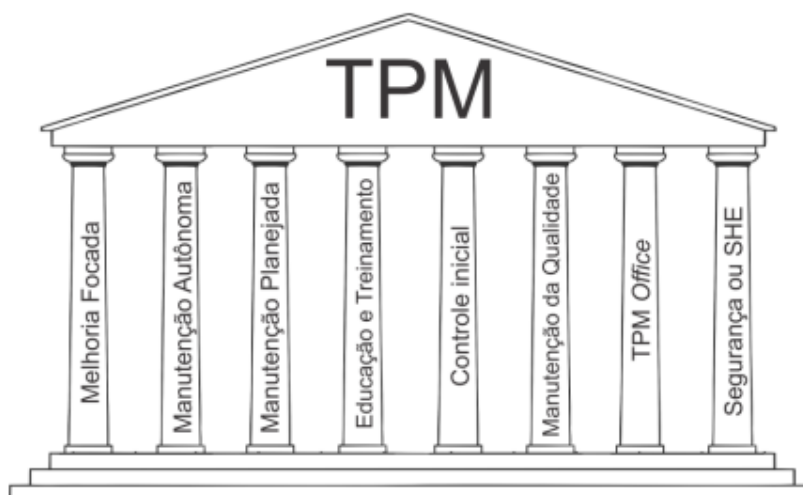
Fonte: SILVEIRA (2012). Disponível em:

<https://www.citisystems.com.br/fmea-processo-analise-modos-falhas-efeitos>. Acesso: 10out2022.

2.4 TPM

O TPM teve sua origem na década de 70 na indústria japonesa, com o intuito de melhorar o processo de gerenciamento da manutenção. Sendo assim, o TPM consiste de aglomerado de procedimentos que minimizam erros e gargalos de processo, colocando em prática uma espécie de acompanhamento voltado à produtividade da organização como um todo. O TPM é constituído por 8 pilares, figura 1.

Figura 1: Oito pilares do TPM



Fonte: Abepro (2017). Disponível em:

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRMAPnAOBRnAtT4Dx8d8EDJOAlu8ltvEbeK0VjEw6Q5d_3CUWahtuo8vwJdKenzkysyPtM&usqp=CAU. Acesso: 10out2022.

2.4.1 Manutenção autônoma

É importante ter pessoas na equipe capazes de realizar pequenas ações de manutenção como limpeza e lubrificação das máquinas. Essa autonomia para os trabalhadores do chão de fábrica também é um dos pilares da ferramenta TPM.

2.4.2 Manutenção Planejada

As máquinas são o coração do processo de produção e qualquer tempo de inatividade é prejudicial. A ferramenta TPM gerencia esse aspecto implementando a manutenção preventiva e a preditiva.

2.4.3 Manutenção da qualidade

Toda empresa precisa assegurar a qualidade dos produtos que fabrica. Por isso, na implementação da ferramenta TPM, o pilar da qualidade é fundamental.

2.4.4 Melhoria específica

Além de organizar a gestão da manutenção de forma geral, a ferramenta TPM também permite avaliar a eficácia de cada equipamento para fazer o melhor uso dentro do processo.

2.4.5 Controle Inicial

Para garantir que haja um sistema eficiente para lançar novos produtos e processos ao mercado, é essencial analisar detalhada e antecipadamente os equipamentos e produtos envolvidos. Por meio desta análise preventiva, se torna possível adotar estratégias que busquem tornar o produto mais fácil de produzir e a máquina mais fácil de operar.

2.4.6 Treinamento e educação

Para manter todos os pilares da ferramenta TPM que descrevemos acima em funcionamento é preciso investir em treinamentos para as equipes.

Como operar as máquinas, fazer pequenas limpezas, desligar ao fim do dia, melhorar o desempenho são alguns exemplos do que a equipe precisa aprender e executar com autonomia.

2.4.7 Segurança, saúde, meio ambiente

A ferramenta TPM também tem um pilar voltado para a criação de um local de trabalho seguro e que preserva a integridade dos funcionários.

2.4.8 Áreas administrativa

A ferramenta TPM também atua analisando os desperdícios na área administrativa da empresa. A aplicação do 5S também se estende a essa área ajudando a organizar o ambiente de trabalho e as informações que mantém os processos gerais em andamento.

2.5 Indicadores de Manutenção

De acordo com LEVIN (2012) os indicadores chave de desempenho (KPI – Key performance Indicator) estão ligados às metas estratégicas organizacionais. Apesar da forte relação e dependerem um do outro, não podemos confundi-los. O papel do indicador é mensurar o desempenho de um determinado ativo ou processo. Para a manutenção centrada em confiabilidade, esses indicadores são extremamente importantes para o processo, já que é a partir deles que todas as decisões a cerca de um ativo são tomadas. Existem muitos tipos de indicadores, neste trabalho será apresentado e explicado apenas 8 deles, quadro 3.

Quadro 3: Indicadores de Manutenção

Confiabilidade da Manutenção		Qualidade e Tempo de Execução dos Serviços		Custo de Manutenção		Previsão de Falhas	
MTBF	Elevação >10% /ano	Backlog	4 Semanas	Custo Total / ERV*	2 ~ 2,5%	% Manutenção Planejada	>80%
% Manutenção Corretiva	Sempre <10%	% Manutenção Planejada	Sempre >80%	% Horas Extras	10 ~ 12 %	Cumprimento do Plano	> 90%
Treinamento / Técnico	Entre 120 e 240 horas/ano	Atividades por Planejador	20 ~ 27 / 1	Mão de Obra / TMC*	20 ~ 25%	% Manutenção Corretiva	<10%
Disponibilidade	>90%	Cumprimento da Programação	>90%	Serviços Terceirizados/TMC	10 ~ 40 %		
				ERV = Valor Estimado de Reposição TMC = Custo Total de Manutenção			

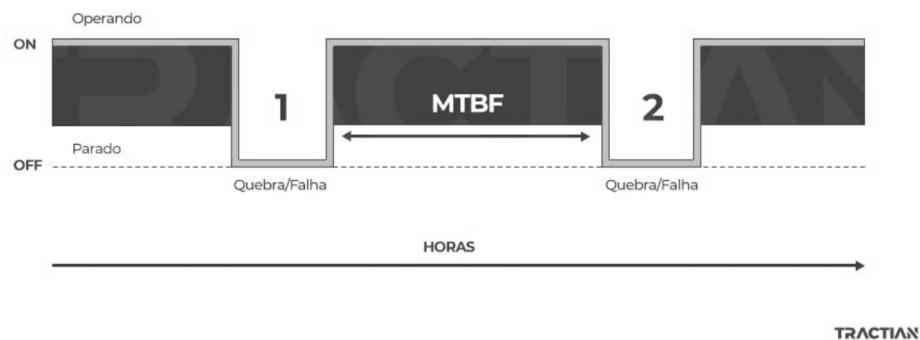
Fonte: Jhonata Teles (2016). Disponível em: <https://engeteles.com.br/indicadores-de-manutencao/>. Acesso: 10out2022.

2.5.1 MTBF - Tempo médio entre falhas (*Mean time between failure*)

É um dos principais indicadores de manutenção e de confiabilidade, figura 2, já que ele mede o tempo total de bom funcionamento entre as falhas de um equipamento reparável.

Figura 2: MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}}$$



Fonte: Gabriel Lameirinhas (2020). Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10out2022.

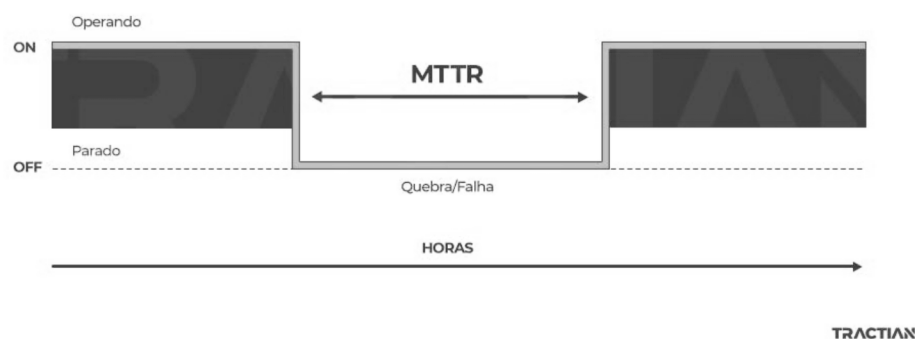
Para obter um resultado eficiente, deve ser aplicado em cada equipamento de maneira isolada.

2.5.2 MTTR: Tempo médio para reparo (*Mean time to repair*)

Esse indicador, figura 3, mede a facilidade que a equipe de manutenção encontra em fazer um equipamento voltar a desempenhar sua função após uma falha.

Figura 3: Indicadores de Manutenção

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}}$$



Fonte: Gabriel Lameirinhas (2020). Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10out2022.

O ideal é que a máquina demore para quebrar, e quando quebrar, deve ser reparada o mais rápido possível.

2.5.3 Downtime: Tempo de máquina parada

É o indicador que mede o tempo que a máquina ficou parada.

2.5.4 Disponibilidade

Esse indicador é responsável por mensurar a capacidade de um ativo em executar sua função durante um período de tempo:

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \quad (\text{eq.1})$$

2.5.5 Confiabilidade

Indica a probabilidade de um ativo desempenhar sua função especificada no projeto durante um intervalo de tempo, figura 4.

Figura 4: Indicadores de Manutenção - Confiabilidade

$$\text{CONFIABILIDADE} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

λ = taxa de falhas

$$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

t = tempo

Precisa seguir a unidade do
MTBF (horas, dias...)

e = Número de Euler

2,71

TRACTIAN

Fonte: Gabriel Lameirinhas (2020). Disponível em:
<https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10out2022.

2.5.6 Backlog

Revela o tempo de mão de obra demandado para realização de todos os serviços, sejam eles programados, pendentes ou executados, figura 5.

Figura 5: Indicadores de Manutenção - Backlog

$$\text{BACKLOG} = \frac{\sum \text{HH em carteira}}{\sum \text{HH total} \times \text{Fator de produtividade (\%)}} \times 100$$

$$\sum \text{HH em carteira} = \left[\begin{array}{l} \sum \text{HH OS Planejadas} \\ + \\ \sum \text{HH OS Pendentes} \\ + \\ \sum \text{HH OS Programadas} \\ + \\ \sum \text{HH OS Executadas} \end{array} \right]$$

TRACTIAN

Fonte: Gabriel Lameirinhas (2020). Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10out2022.

2.5.7 CMF - Custo de Manutenção sobre Faturamento

É um indicador ligado ao custo de manutenção, sendo possível definir a partir dele se os recursos estão sendo bem administrados ou não.

$$\text{CMF} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento bruto}} \times 100 \quad (\text{eq.2})$$

2.5.8 CPMV: Custo de manutenção sobre valor de reposição

Esse indicador mostra o custo de cada equipamento, a partir dele podendo definir se é mais vantajoso manter ou comprar um novo ativo.

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra de um novo equipamento}} \times 100 \quad (\text{eq.3})$$

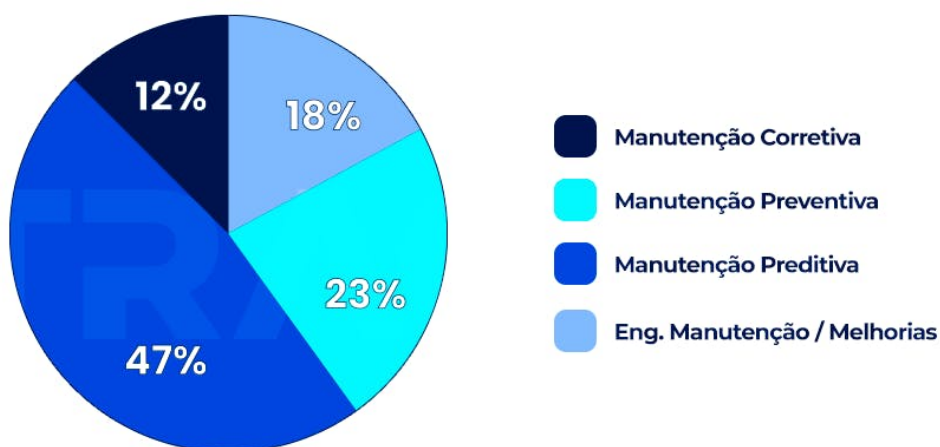
2.5.9 Distribuição por tipos de manutenção

Esse indicador é responsável por revelar o percentual dos tipos que estão sendo realizados, gráfico 1.

Conforme Lameirinhas (2020), o tipo de instalação ou equipamento pode determinar variações desses valores para mais ou menos. De modo geral, o gestor de manutenção deve manter as práticas corretivas não planejadas em até 20%, sendo sempre bom restringi-las ao máximo. As outras práticas não possuem um limite próximo: no Brasil, a manutenção preventiva costuma oscilar entre 30% e

40%. Em padrões de confiabilidade global, as empresas sempre mantêm a manutenção preditiva com a maior porcentagem na distribuição.

Gráfico 1: Indicadores por Tipos de Manutenção



TRACTIAN

Fonte: Gabriel Lameirinhas (2020). Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10out2022.

Para trabalhar com a manutenção centrada em confiabilidade e para que esses indicadores apresentem números confiáveis é necessário ter um sistema robusto para coleta e processamento dos dados e informações.

2.6 Matriz de Criticidade

A matriz de criticidade na indústria é um indicador usado para saber o quão fundamental o ativo é indispensável para a cadeia produtiva e utilizamos a matriz de criticidade para saber quais são os ativos críticos, onde colocar os esforços e onde investir com prioridade definida, e manter o maquinário em perfeito estado de funcionamento, quadro 4. Utilizando a matriz de criticidade é possível visualizar e entender a importância dela para o sistema, e ao estipular os níveis de criticidade o gestor terá uma visão para intervenção evitando a paralisação e prejuízos, e figura 6.

O objetivo principal da matriz de criticidade é entender quais riscos e efeitos um equipamento causa na linha de produção e na indústria, por meio da análise de criticidade se define uma estratégia de manutenção, com a hierarquia há uma indicação de qual ativo deve ser priorizado. O recurso mais estruturado é o método ABC definindo o nível de criticidade dos ativos com grau de importância usando três

critérios: a frequência de falhas, a dificuldade em detectar a falha e o peso da falha na produção.

Quadro 4: Análise de Criticidade
TRACTION

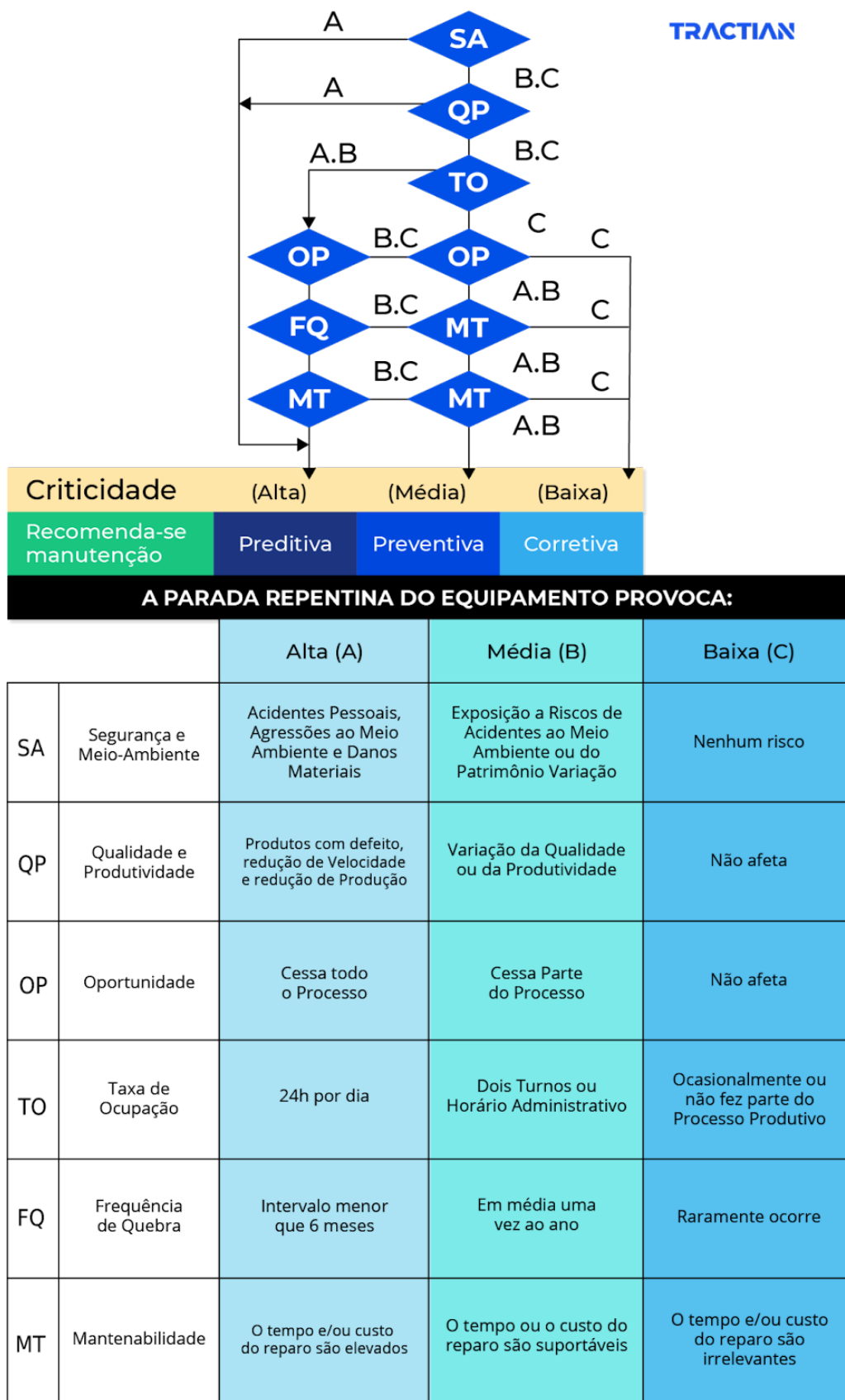
Fatores de Avaliação	Fatores de Avaliação	Critérios de Avaliação		
		A	B	C
S	Segurança e Meio Ambiente	Caso sofra a parada, provoca acidente grave e problemas de contaminação com meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente porém só material, mas não com o meio ambiente	Caso sofra a parada, sem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidente, muito menos com o ambiente
Q	Qualidade do Produto	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos, podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra parada, haverá uma possível queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes.	Caso sofra a parada, não haverá queda de qualidade e pouco refugo, sem possibilidade de reclamações de clientes
O	Condição de Operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 50% à 90% ao mês	Tempo de utilização do ativo abaixo de 50% ao mês.
E	Condição de Entrega	Caso sofra uma parada, pode afetar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas	Caso sofra uma parada, não interfere na linha de produção e outras alternativas imediatas
P	Índice de paradas - Confiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M	Manutenibilidade	MTTR acima de 2 horas	MTTR de 1 a 2 horas	MTTR abaixo de 1 hora

Fonte: Alex Vedan (2021). Disponível em:
<https://traction.com/blog/saiba-tudo-sobre-matriz-de-criticidade>. Acesso: 10out2022.

Segundo Vedan (2021), determina as seguintes análises:

- **Os ativos com criticidade A:** são essenciais para a planta e neles devem ser usados todos os recursos, para que evitem a perda da sua funcionalidade. Esses maquinários se paralisados reduzem a capacidade produtiva, podendo afetar a segurança, o meio ambiente, e comprometer a qualidade do produto final, aumentando em mais de 20% os custos com manutenção.
- **Os com criticidade B:** possuem médio impacto, uma falha não afetará a produção, nem a segurança e operação. Sua paralisação interrompe a produção parcialmente e aumentam entre 10 e 20% os custos de manutenção.
- **Os com criticidade C:** caso haja uma falha, ele não gerará impactos significativos para o andamento da produção.

Figura 6: Matriz de Criticidade



Fonte: Alex Vedan (2021). Disponível em: <https://traction.com/blog/saiba-tudo-sobre-matriz-de-criticidade>. Acesso: 10out2022.

A classificação ABC é indispensável para qualquer estratégia de manutenção pois, pode-se ajustar a estratégia para planos de manutenção novos com estratégias específicas e adequadas, mapear os componentes dos maquinários ajustando estoque, uma vez a categorização definida as máquinas com maior criticidade devem ser o foco do monitoramento para identificação de falhas em estágio iniciais.

Disponibilidade do ativo e confiabilidade andam juntas e para garantir a confiabilidade de um ativo, menor a probabilidade de falhas e maior a conservação das características estruturais, quadro 5. Se o intervalo entre as ações for pequeno a indisponibilidade e o custo tendem a aumentar significativamente, contribuindo para baixa produtividade da equipe de manutenção.

Quadro 5: A importância da matriz de criticidade

Probabilidade	Alta	Média	Alta	Alta
	Média	Baixa	Média	Alta
	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Insignificante	Moderado	Catastrófico
TRACTIAN		Impacto		

Fonte: Tractian (2021). Disponível em:

<https://traction.com/blog/saiba-tudo-sobre-matriz-de-criticidade>. Acesso: 10out2022

2.7 Confiabilidade de Dados

Um tema muito importante quando se fala sobre processos de manutenção, trata-se da confiabilidade de dados, onde engloba vários setores da empresa desde a informação sobre a peça, sobre seu defeito, tratamento e reparo.

Pesquisando mais a fundo sobre isso na empresa, nota-se um descaso com esse assunto, visto que no dia a dia perde-se muita informação, sobre como todas essas fases são realizadas dentro da indústria e em cada processo.

A confiabilidade de dados é no geral de grande utilidade visto o que se pode melhorar na manutenção, visto que ter todas as informações sobre o que aconteceu, seja defeito ou falta de estoque, e seguindo para como foi realizado para solucionar esse problema. E a partir do momento que se tem todos esses dados armazenados de forma clara e correta, pode-se garantir um menor gasto de tempo nesses processos e diminuição de mão de obra ou tempo de serviço quando não se tem estas informações e deve-se desenvolver pesquisas sobre como foi realizada a manutenção, sendo a confiabilidade de dados de extrema importância e maior viabilidade de crescimento da empresa melhorando o custo benefício, sobre seu desempenho e crescimento no mundo de hoje.

3. METODOLOGIA

Para realizar esse trabalho, foi realizada uma entrevista com o gestor responsável pela manutenção em cinco empresas de ramos diferentes com visões diferentes, cargas horárias de trabalho diferentes (Metalúrgica, Farmacêutica, Bancos automotivos, Automotiva e Equipamentos de panificação). Foram feitas nove perguntas a cada gestor, essas foram as perguntas realizadas:

- 1.O que falta para implantar o RCM?
- 2.Quais dificuldades encontradas?
- 3.Cultura da empresa relacionada a manutenção?
- 4.Como seria realizada essa implementação para o funcionário?
- 5.Como assegurar a confiabilidade dos dados?
- 6.Qual a previsão para o futuro de curto a médio prazo do setor de manutenção?
- 7.É de interesse da empresa implementar a metodologia? Por que?
- 8.Viabilidade atual?
- 9.Qual a visão do gestor do setor de manutenção atualmente?

Com base nas respostas podemos falar que, independentemente do setor que a empresa atua sempre visa o melhor produto com o menor gasto, e a manutenção centrada na confiabilidade vem se mostrando cada vez mais essencial. As empresas estão investindo nisso para conseguirem se manter no mercado competitivo.

Das cinco empresas entrevistadas apenas uma já tem o processo de manutenção centrada na confiabilidade totalmente instalado e funcionando, as outras estão em processo de instalação, isso em si já mostra o quanto a ferramenta é importante, todos os gestores afirmaram que estão em busca de melhores resultados e excelência na gestão dos ativos.

Primeiro sendo necessário o estudo de viabilidade do investimento, visto que se trata de algo cujo retorno pode ser muito lucrativo e eficaz, baseado em menores custos de produção e manutenção, e maior produtividade do processo.

As empresas se prontificaram a oferecer cursos, treinamentos e tudo que for necessário para o processo de implementação.

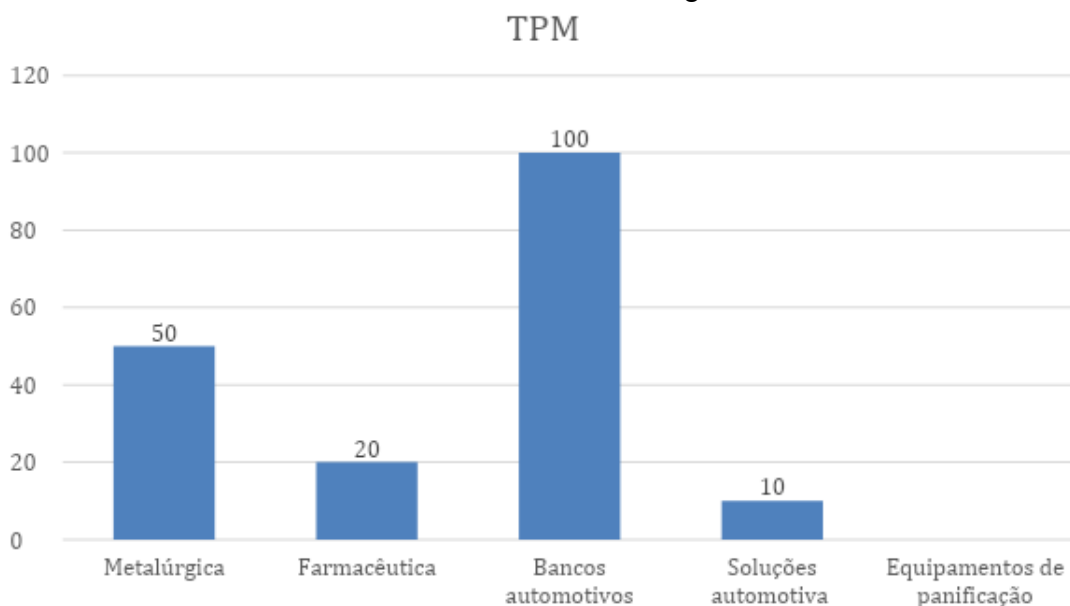
As dificuldades também se mostraram quase que as mesmas, a cultura de não anotar ou anotar de qualquer jeito é um dos maiores problemas a se resolver. Ao implementar o TPM muitas coisas melhoram, pois passa a analisar-se dados confiáveis e ter colaboradores que conhecem suas máquinas e estão aptos a realizar pequenas manutenções. As empresas que mantinham somente a manutenção corretiva, viram que não sobreviveriam muito tempo no mercado sem mudanças.

Depois de implementado o sistema RCM, o retorno é rápido e eficaz, possibilitando a maior disponibilidade de máquinas com maior confiabilidade, relacionado a maior produção com maior qualidade, com um estoque efetivo, gerando valor agregado para a empresa.

4. Resultados e Discussão

Algumas empresas já possuem o TPM ou está em fase de implementação dessa metodologia, pelo fato de ser mais ampla em todos os aspectos e trabalhar com a cultura das pessoas. Para construção do gráfico 2 abaixo, foi considerado o número de pilares implementados de acordo com cada empresa.

Gráfico 2: Gestão em vigor.



Fonte: Autores (2022).

Empresas de pequeno e médio porte ainda apresentam um departamento de manutenção pouco estruturado porque é visto como uma despesa e não um investimento, na prática são realizadas apenas manutenções do tipo corretiva e preventiva por tempo. As expectativas para o futuro são boas, já que elas estão buscando por uma evolução e estruturação do departamento.

O grande desafio está sendo assegurar a confiabilidade dos dados, que na maioria dos casos são obtidos de maneira manual, deste modo algumas informações relevantes para alguns indicadores são prejudicadas, perdendo a sua veracidade.

No curto prazo, a implementação de um sistema para coleta mais assertiva dos dados e a busca por treinamento e capacitação dos funcionários é um objetivo comum.

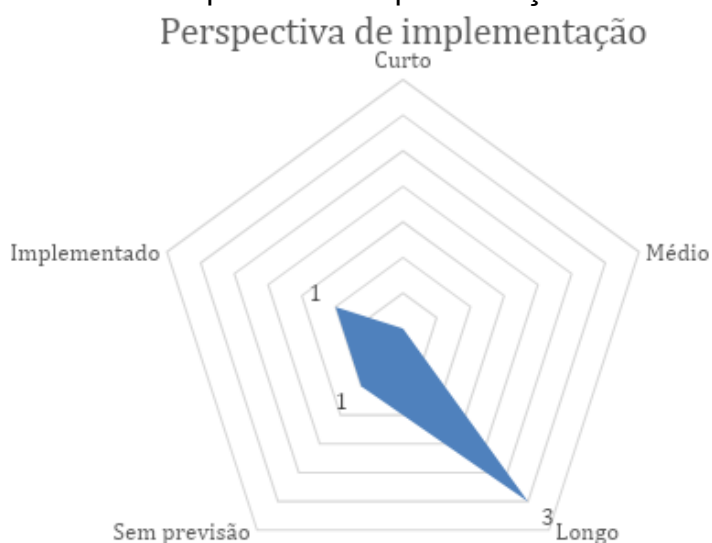
No médio e longo prazo, trabalhar com análise de performance, indicadores, melhoria do processo de manutenção e engenharia.

A mudança de visão por parte da alta gestão de uma indústria é algo complexo de se obter, mas foi possível observar que está acontecendo porque todas as empresas pesquisadas sinalizaram que estão buscando por melhorias no setor de manutenção, tanto por aumento de investimentos quanto de capacitação de funcionários, implementação de sistemas e novas metodologias.

A implementação do RCM é um desejo comum, pois é considerado uma metodologia totalmente viável, já que a melhoria no departamento de manutenção reflete diretamente no aumento da satisfação do cliente, que receberá seu produto sem atraso ou qualquer imperfeição.

Na construção do gráfico 3 abaixo, foi levado em consideração a perspectiva de cada gestor.

Gráfico 3: Perspectiva de implementação do modelo.



Fonte: Autores (2022).

CONCLUSÃO

O RCM já vem sendo usado há algum tempo, porém no Brasil é uma novidade. Nota-se que nas pesquisas as maiorias das empresas estão começando a planejar e instalar o RCM agora, apenas uma empresa das cinco entrevistadas já concluiu o processo.

Percebe-se uma mudança de visão pela diretoria pelo fato de todas terem buscado e estarem em partes da implementação, mesmo assim a maior dificuldade é o alto investimento necessário para a implantação da metodologia do RCM.

Coletar e registrar os dados mostrou-se uma das etapas mais difíceis, devido a uma estrutura inadequada ou falta de capacitação dos funcionários.

Depois das pesquisas realizadas pode-se notar que o RCM é desejado por muitos, obtido por poucos, porque é exigido um maior nível de complexidade, maturidade e investimento do setor de manutenção.

Atualmente vivemos a indústria 4.0 e já é falado na indústria 5.0 juntamente da internet das coisas, para estudo futuro pode-se buscar entender melhor a relação do RCM com as novas tecnologias trazidas por essas revoluções, como buscar melhorar a eficiência do ativo e também do processo produtivo.

REFERÊNCIAS

CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; LIMA, Gilson Brito Alves; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Aspectos da aplicação da manutenção centrada em confiabilidade**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2015.

CORREIA, Ana Paula Rodrigues. **Manutenção centrada em confiabilidade - um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

DEA, João Paulo. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada à redução dos modos de falha e aumento da eficiência dos equipamentos de uma empresa do setor bebidas**, Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – UNICURITIBA, Pinheirinho, 2021.

FOGLIATO, Flávio; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier Brasil, 2009.

GAIO, Evandro Dias. **Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA, UFGM, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 1995.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função estratégica**, 3ª edição, Editora Qualitymark. Rio de Janeiro, 2010.

LAMEIRINHAS, Gabriel. Indicadores de manutenção. **Tractian**. 2020. Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 10 out. 2022.

MONCHY, François. A Função Manutenção-Formação para a gerência da Manutenção industrial. São Paulo: **Editora Durban Ltda**, p. 3, 1989.

MOUBRAY, John. **RCMII – Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Edição Brasileira. Aladon Ltda. Lutterworth. Inglaterra, 2000.

OLIVEIRA, James C. Santana de; CAMPOS, Hebert; BOCCALETTI, Helder. **Aplicação do método FMEA de Processo: A fidelização de clientes de uma empresa de soluções em geossintéticos, telas e filmes plásticos**.

OLIVEIRA, Vinícius Lacerda de. **Aplicação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) no setor de laminação de uma empresa siderúrgica.** MCC, 2017.

QUINTELLA, Luciano Confort. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM) na otimização do programa de manutenção de centrais termonucleares**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2016.

RAUSAND, M. **Reliability Centered Maintenance, Paper of Department of Production and Quality Engineering**, Norwegian University of Science and Technology, n-7034 Trondheim, Norway. 1998.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

RODRIGUES, Gabriel. **Blog Auvo**, 2020. Disponível em: <https://www.blog.auvo.com/post/rcm-manutencao-centrada-na-confiabilidade?hs_amp=true#viewer-73iqn>. Acesso em: 28 set. 2022.

SANTOS, Luan. **Keepfy**, 2022. Disponível em: <<https://keepfy.com/blog/rcm/>>. Acesso em: 28 set. 2022.

SILVA, Júlio César. **Análise de implementação do PCM durante a realização da manutenção**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.

Tractian. **Condition Monitoring and Asset Management in one place**. 2022. Disponível em: <https://traction.com/en>. Acesso em: 10 set. 2022.

VEDAN, Alex. **Saiba tudo sobre matriz de criticidade**. Tractian. 2022. Disponível em: <https://traction.com/blog/saiba-tudo-sobre-matriz-de-criticidade>. Acesso: 10 out. 2022.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, v. 171, 1998.