

# **ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O SETOR DE BLOCOS DE CONCRETO EM UMA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Izabela Veloso Raymundo

Anderson Lacerda Rodrigues

## **Resumo**

*O presente artigo visa elaborar e propor um plano de manutenção preventiva para uma máquina de blocos de concreto de uma indústria do ramo de construção civil. A máquina em estudo possui apenas manutenção corretiva e as paradas não planejadas têm gerado custos à empresa que com a implantação desse plano de manutenção devem diminuir. Foi elaborado o plano de manutenção utilizando os conhecimentos do TPM (Total Productive Maintenance) como base, principalmente focando no pilar de manutenção planejada. A partir dos dados levantados foi realizada uma análise da eficiência do equipamento utilizando a ferramenta OEE (Overall Equipment Effectiveness), onde foi identificado um baixo índice de 68,27% e, através do uso do FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) e do 5W2H foi possível encontrar os modos de falha e traçar planos de ações para amenizá-los. Com isso, verificou-se que 52,63% dos modos de falha do equipamento devem ser amenizados através da diminuição da rotação dos dois vibradores presentes. Entretanto, para que a produtividade da máquina não diminua, um terceiro vibrador deve ser adicionado na área de prensagem devido a área ser a que mais necessita ter agilidade, fazendo com que a produtividade não seja afetada. Com o uso do Diagrama de Pareto avaliou-se os principais modos de falha da máquina através dos valores de RPN obtidos e, com os dados obtidos através das fichas de manutenção corretiva, foi possível identificar as frequências necessárias para análises e verificações dos componentes e, por fim, elaborar um plano de manutenção preventiva completo. Além disso, foi criado um fluxograma da rotina a ser seguida pelo setor de manutenção, garantindo uma melhoria na gestão da manutenção no equipamento e visando a melhoria contínua na gestão da manutenção da empresa.*

**Palavras-chave:** *manutenção preventiva; bloco de concreto; plano de manutenção; FMEA; manutenção planejada.*

## **1. Introdução**

O ramo da construção civil, nos últimos anos, tem seguido uma trajetória de baixa no Brasil, mas de acordo com o SINDUSCON-SP (Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo), a projeção é que no ano de 2019 o PIB da construção civil cresça em 2,0%.

Baseado nisso, o cenário globalizado das indústrias gera cobranças para o aumento e a melhoria do setor produtivo.

Nesse cenário competitivo, a busca por qualidade faz com que a procura por processos produtivos cada vez melhores, mais rápidos e de menores custos aumente. As empresas para sobreviverem no mercado precisam buscar por inovações e aperfeiçoamento dos seus processos.

Devido às exigências do mercado por produtos mais competitivos, há o processo de mecanização das máquinas e equipamentos nas indústrias e, junto a isso, a necessidade de manutenção evoluiu, já que é um ótimo meio de se obter vantagem competitiva em relação a concorrência. De acordo com Márquez et al. (2009), o aumento da confiabilidade e da disponibilidade de equipamentos produtivos pode contribuir para aumentar a competitividade, redução de custos e aumento de faturamento das organizações.

“Atualmente, o grande desafio para o planejamento da manutenção é exatamente a definição de quando e que tipo de intervenção deve ser feita em determinado equipamento.” (MENDES; RIBEIRO, 2014, p. 676). O plano de manutenção preventiva, se feito de maneira errada, além de não gerar os resultados esperados, pode causar ainda mais danos no faturamento da empresa, por isso a necessidade de seguir uma metodologia correta. Segundo Baptista (2015), quando a manutenção é bem realizada, ela visa a garantia de disponibilidade dos sistemas, segurança do pessoal e das instalações, aumento da eficiência energética e redução de impacto ambiental.

## **1.1 Justificativa**

As organizações buscam progressivamente o aumento da produtividade e a diminuição dos custos de produção, já que o mercado tem elevado a sua competição, visto que as pessoas estão cada dia mais em busca de qualidade e de baixo preço. Com base nisso, o uso de máquinas e equipamentos têm aumentado nas indústrias que procuram conhecimentos inovadores gerando conseqüentemente uma dependência sobre eles na busca por melhores práticas de manutenção.

Máquinas requerem manutenções eficientes e adequadas e, na máquina de blocos dessa empresa em estudo, há em vigor apenas a manutenção corretiva. Segundo Lafraia (2001), esse tipo de manutenção inclui todas as ações necessárias para que um sistema saia do estado falho

e volte ao seu estado operacional, voltando assim a produzir. Entretanto, é o tipo de manutenção em que há reparos apenas em paradas não planejadas gerando um elevado custo de paradas de produção, já que interrupções não esperadas geram custos não esperados.

A implementação de um plano de manutenção preventiva proporciona um maior controle para a empresa, maior qualidade nos seus produtos, maior confiabilidade e maior disponibilidade de maquinários, os mantendo aptos a atenderem a demanda, além de reduzir os gastos com as paradas não planejadas.

## 1.2 Definição e delimitação do problema

Situada na cidade de Tupã, interior paulista, há 30 anos a Tamoyo Pré-Fabricados produz os mais variados produtos em concreto e aço. A indústria, ilustrada na Figura 1, fica localizada na Rodovia SP 294 - km 528 e ocupa uma área de 72.000 m<sup>2</sup> além dos 281.000 m<sup>2</sup> de área verde destinada a preservação de diversas espécies de plantas, sendo que também possui um escritório para vendas no centro da cidade. A empresa oferece ao mercado de construção civil peças decorativas, lajes, blocos e canaletas de concreto, palanques, pórticos, painéis, estrutura metálica e galpão pré-fabricado. Atualmente, a empresa é classificada como pequena contando com 85 funcionários trabalhando diretamente.

Figura 1 – Layout da indústria

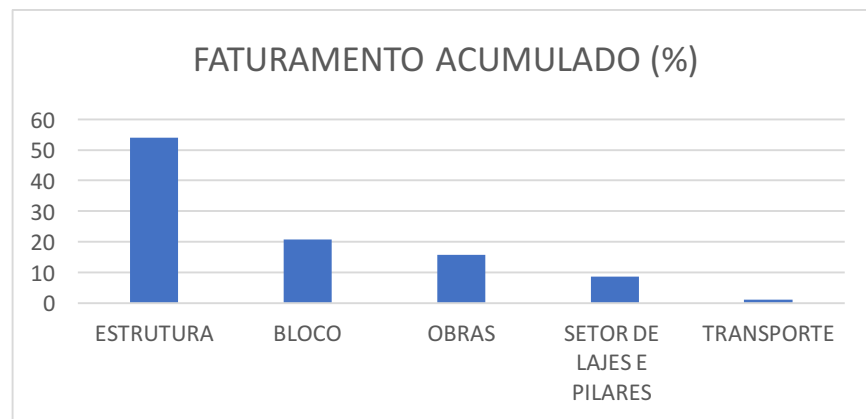


Fonte: Tamoyo Pré-Fabricados (2018)

O setor de blocos, foco do estudo, está sinalizado pelo número 2 na figura acima, conta com uma área total de 475 m<sup>2</sup> e é composto por seis trabalhadores que atuam diretamente no setor. Esse setor corresponde a, em média, 21% do faturamento da indústria, sendo que no

decorrer do ano há variações durante os meses em consequência da venda de barracões. Dessa maneira, o faturamento do setor de blocos é considerado o segundo maior da empresa. Nos meses em que há grande quantidade de vendas de barracões, a porcentagem de estrutura aumenta afetando a de blocos. A Figura 2 a seguir traz os faturamentos por setores da empresa em 2019.

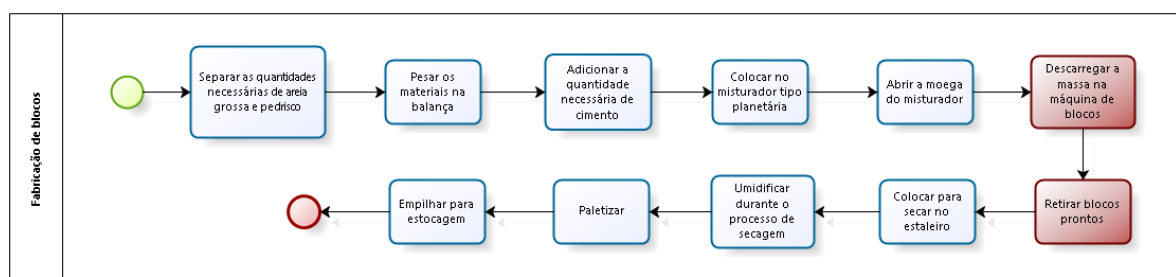
Figura 2 - Faturamento por setor da empresa no ano de 2019



Fonte: Autoria própria (2019)

No mapeamento do processo produtivo apresentado na Figura 3, os processos que são realizados pela máquina de blocos estão indicados pela cor vermelha. Essa máquina é essencial para que a produção aconteça, já que ela recebe a mistura de ingredientes e dá forma aos blocos, entregando o produto final. Dessa forma, quando há problemas que geram a parada da máquina, o processo produtivo todo é parado, gerando atrasos na produção e custos relacionados a máquina parada.

Figura 3 - Fluxograma da produção de blocos



Fonte: Autoria própria (2019)

Nesse trabalho é proposto um plano de manutenção preventiva em uma das máquinas do setor de blocos de concreto para que haja redução da quantidade de manutenções corretivas e, conseqüentemente, redução dos custos não planejados. A solução encontrada para estreitar essa diferença competitiva com outras empresas no setor e minimizar a vantagem dos concorrentes em relação a custos de produção foi a criação de um plano de manutenção preventiva. Além disso, serve como um forte pilar para o atingimento de metas e objetivos da diretoria.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Elaborar e propor um plano de manutenção para a máquina de blocos de concreto com o intuito de melhorar a confiabilidade, a disponibilidade e diminuir os custos com paradas de máquina não planejadas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar os principais problemas que levam a parada da máquina em estudo;
- Analisar a eficiência da máquina de acordo com o OEE;
- Verificar o grau de risco de cada fator que geram as paradas através do FMEA;
- Elaborar nova rotina de manutenção e instruções para sua execução;
- Propor um plano completo de manutenção para a máquina de blocos.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1 Gestão da Manutenção**

“A manutenção é a prática para impedir o aparecimento dos defeitos e/ou falhas e garantir a funcionalidade do dispositivo com efetividade.” (GOULART et al., 2016, p. 3). De acordo com Kardec e Nascif (2013), o objetivo principal é a eliminação das falhas que ocorrem de forma potencial, através de análise das causas, juntamente ao esforço do reparo com qualidade, associado a procura por soluções definitivas.

Ela atua sobre máquinas e equipamentos recuperando-os frente a quebras e diminuição de capacidade produtiva. Deve ser entendida como um conjunto de atividades necessárias para manter o equipamento em bom funcionamento, aumentar sua vida útil, reduzir trocas de

máquinas por novas ou para reestabelecer o funcionamento dele através de intervenções oportunas e corretas.

De acordo com Baptista (2015), a manutenção industrial mudou nos últimos 40 anos mais do que qualquer outra disciplina de gestão e hoje ela já não se restringe mais em reparar o equipamento quando ele quebra, ela também tem influência sobre o desenvolvimento sustentável da sociedade por influenciar o ambiente, a segurança das pessoas e instalações, além de aspectos financeiros. Com o passar do tempo a manutenção deixou de ser vista como uma despesa relacionada a produção automatizada e passou a ser analisada como uma possível solução para vantagens competitivas, diminuição de custos produtivos e aumento de produtividade. Para Mendes e Ribeiro (2014), a gestão da manutenção é fundamental já que a disponibilidade dos equipamentos está relacionada com a produtividade.

Para realizar a manutenção corretamente é necessário avaliar o equipamento, a sua importância e a sua atividade. Os principais tipos de manutenção utilizados são:

- **Manutenção Corretiva:** “consiste no conserto da máquina ou equipamento, somente após a quebra, substituindo a peça avariada por outra que faça com que o sistema volte a funcionar corretamente, corrigindo o problema.” (GOULART et al., 2016, p. 4). É a maneira mais cara de se realizar a manutenção, já que ela só ocorre quando a produção para, gerando custos adicionais para a indústria por esperas longas até a máquina sofrer reparos, diminuindo também sua disponibilidade. Segundo Otani e Machado (2008) e Goulart et al. (2016), a abordagem da manutenção corretiva subdivide em duas categorias: planejada e não planejada. Na manutenção planejada o reparo pode ser programado/planejado para uma data posterior, ou seja, ocorre quando a manutenção é preparada; a manutenção não-planejada é realizada quando há ocorrências de quebras inesperadas e o reparo deve ser feito imediatamente gerando altos custos de produção e de qualidade, sendo assim, a correção das falhas é realizada após ocorrer o problema;
- **Manutenção Preventiva:** de acordo com Paskocimas (2010), ela é baseada na programação de manutenções regulares, analisando através de um histórico o comportamento das falhas dos equipamentos e peças, ou seja, uma vez realizada a projeção de falha, a manutenção é feita antes que haja uma parada catastrófica. Esse tipo

de manutenção é mais barato que a corretiva, visto que há um planejamento de acordo com dados históricos de quebras de máquinas;

- **Manutenção Preditiva:** Paskocimas (2010) diz que esse é o tipo de manutenção em que há monitoramento e controle contínuo do processo ou das condições mecânicas reais das máquinas, permitindo antecipar a ocorrência de uma falha específica, de forma que proporcione o aumento do intervalo entre as manutenções e evite a ocorrência de paradas de máquina emergenciais. Essa é uma manutenção que requer grande investimento já que usa tecnologias avançadas e o controle deve ser feito por mão de obra especializada. Segundo Rezende (2008), trata-se de uma manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida se bem aproveitado.

Nesse artigo o foco será voltado para a manutenção preventiva, onde o objetivo é implantar um plano de manutenção na máquina de blocos presente na indústria, para assim minimizar a ocorrência de falhas mantendo o controle do equipamento e aumentando sua vida útil.

## **2.2 Manutenção Preventiva**

É a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do item (ABNT-NBR-5462-1994). Para Pinto e Nascif (2009), a manutenção atua de forma a seguir um plano elaborado, baseado em intervalos de tempos definidos, com o objetivo de evitar que falhas ou diminuições de capacidade aconteçam sem ter certa previsão de ocorrência. O intuito é manter máquinas e equipamentos em pleno funcionamento para manter alto nível de competitividade no mercado envolvendo inspeções, reformas e trocas de peças.

Esse tipo de manutenção ainda implica na parada de máquina ou equipamento para que seja realizado serviço, entretanto, é aplicado antes de o equipamento apresentar quebra ou diminuição de desempenho. Dessa forma, é considerado um modo de manutenção mais barato que a corretiva, por ter todo um planejamento sobre o equipamento de forma que antes que ele quebre a substituição da peça ou o conserto da máquina ser realizado, evitando assim paradas muito extensas e diminuição da qualidade dos produtos, aumentando a disponibilidade de máquinas e a confiabilidade dos equipamentos. “Uma boa manutenção visa reduzir perdas de

produção, pois contempla a continuidade da produção, sem paradas e atrasos.” (CARNEIRO e SILVA, 2018, p.4).

A partir de dados históricos, como por exemplo de fichas de paradas de máquinas, o gestor ou gerente do setor é responsável por analisar as peças da máquina, verificar qual o período em que elas diminuem seu desempenho ou quebram e traçar um planejamento de quando é necessário substituição ou reparos nessas peças para que não ocorra mais paradas não programadas e tudo ocorra conforme estiver no plano de manutenção. Para a análise dos principais fatores que geram a quebra de máquina foram utilizadas algumas ferramentas e alguns conceitos que serão descritos nos próximos tópicos.

### **2.3 TPM – Total Productive Maintenance**

O TPM surgiu em 1971, se popularizou no Japão pós-guerra quando o país tinha o grande desafio de recompor suas indústrias, fabricar e exportar seus produtos, a fim de alcançar as metas do governo para reconstrução da nação (OPRIME et. al, 2010; RAPOSO, 2011). O objetivo das empresas era uma produção com alta qualidade e redução de custos, exigindo desperdícios mínimos no processo. O programa foi se desenvolvendo ao longo do tempo e passou a ser um dos programas mais importantes aplicados pelas indústrias no mundo todo, segundo Shirose e Bodek (1992).

Esse programa de gestão envolve a melhoria contínua, sendo um dos blocos construtores do *Lean Manufacturing* e tem o propósito de atingir a máxima eficiência do sistema produtivo, através da perda zero, potencialização da utilização dos recursos físicos e humanos existentes e elevando o conhecimento e a autoestima dos colaboradores de acordo com Pinto e Lima (2007).

Sendo assim, ele busca um aumento do rendimento global dentro da organização, proporcionando realização de melhorias significativas consecutivas até que todas as metas sejam alcançadas, sejam elas relacionadas a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos. Busca a quebra zero das máquinas, paralelamente ao zero defeito de produtos e perda zero no processo. Algumas das perdas que causam a diminuição da eficiência da produtividade e que o TPM busca eliminar são as relacionadas com quebras, mudanças de linha, pequenas paradas, diminuição da velocidade do processo, falha no processo e perdas de tempo no início da operação.

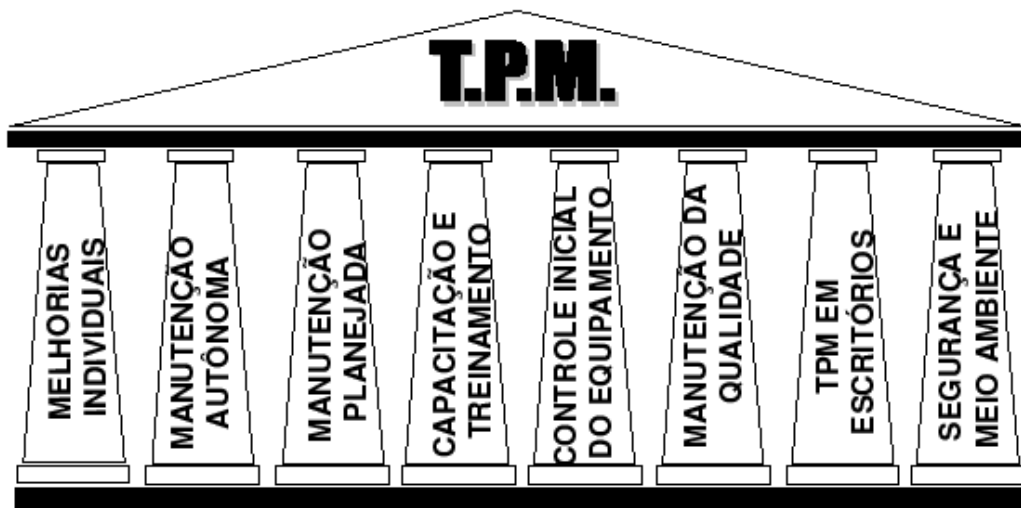


Werkema (2012) menciona que o TPM foi estruturado inicialmente em cinco pilares para atingir melhor a eficiência produtiva, entretanto posteriormente mais três pilares foram adicionados. Dessa maneira, atualmente a estrutura mais utilizada é composta por oito pilares, que de acordo também com Fidelis et al. (2015) são:

- Melhorias específicas;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção planejada;
- Educação e treinamento;
- Melhorias no projeto;
- Melhorias administrativas;
- Manutenção da qualidade;
- Segurança, higiene e meio ambiente.

A Figura 4 ilustra de forma esquemática os oito pilares da TPM.

Figura 4 - Oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total



Fonte: Singh et al. (2013)

Esses pilares são a base para a realização de melhorias no processo produtivo. O pilar manutenção planejada será o foco nesse artigo.

### **2.3.1 Manutenção planejada**

Manutenção planejada significa ter um real controle e planejamento da manutenção, o que inclui fazer treinamentos em técnicas de planejamento utilizando um software, por exemplo, para utilizar-se de um sistema mecanizado para fazer o planejamento da programação diária e planejada de paradas (KARDEC; NASCIF, 2013). É o terceiro pilar da metodologia TPM e tem como principal objetivo melhorar a eficiência do ativo operacional, melhorando a confiabilidade, a manutenibilidade, a disponibilidade e reduzindo os custos como consequência.

O pilar da manutenção planejada é o mais importante para se diminuir paradas de máquina. “O objetivo é aumentar a eficiência global dos equipamentos, com aumento da disponibilidade operacional.” (MENEZES; SANTOS; CHAVEZ, 2015, v.11, pág 8). Ou seja, as atividades básicas desse pilar são: melhorias de máquinas e equipamentos e melhorias de tecnologias e habilidades de manutenção.

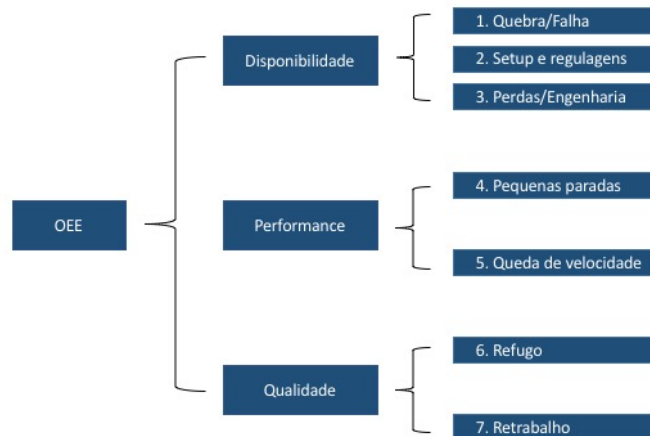
Os benefícios esperados com a implementação são: qualidade dos produtos, aumento da disponibilidade e produtividade, custo de operações reduzidos, melhoria do tempo médio entre falhas, melhoria da atuação da manutenção preventiva e redução dos custos de manutenção.

### **2.4 OEE – Overall Equipment Effectiveness**

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que em português significa Eficiência Global do Equipamento, é um indicador importante para a linha de produção já que tem como objetivo conhecer o desempenho do equipamento ou máquina que está sendo utilizado. De acordo com Nakajima (1989), ele surgiu ainda na metodologia do TPM como uma ferramenta a ser utilizada para medir as principais perdas dos equipamentos utilizando os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, permitindo analisar as reais condições de uso dos seus equipamentos. O índice de desempenho também é conhecido como performance ou produtividade.

Braglia et al. (2009) diz que o OEE é um ótimo indicador para medir a eficiência de uma única máquina, mas que quando se envolve diversos tipos de equipamentos inter-relacionados não é suficiente para direcionar a melhoria global do processo produtivo. Portanto, como nesse artigo é analisado uma única máquina de blocos, o uso do indicador é efetivo. Na Figura 5 podemos observar as relações entre os indicadores e os problemas apresentados pelas máquinas e equipamentos.

Figura 5 – Elementos do OEE



Fonte: SANTOS; SANTOS, 2007, p.10

O OEE se apresenta como um indicador importante para uma indústria que queira avaliar o seu desempenho para melhor visualizar como está sendo utilizada a capacidade da máquina através dos fatores críticos abordados por ele. Ele reúne atributos que são importantes para que a empresa alcance sucesso na utilização dessa máquina ou equipamento. O cálculo desse indicador é realizado a partir da Equação 1, de acordo com Corrêa e Corrêa (2011).

$$OEE (\%) = Disponibilidade (\%) \times Produtividade (\%) \times Qualidade (\%) \quad (1)$$

“Disponibilidade é relação em que o equipamento deveria estar disponível para a produção, o tempo total em que esse equipamento ou processo está efetivamente produzindo.” (PITON et al., 2016, p. 5). Sendo assim, a taxa de disponibilidade é relacionada a quanto tempo a máquina funcionou, ou seja, a relação entre quanto tempo o equipamento realmente passou produzindo e quanto tempo ele teria disponível para produzir.

Produtividade tem relação com qual a velocidade em que a máquina está operando, é a comparação entre a quantidade que foi produzida realmente e a quantidade que deveria ter sido produzida. De acordo com Andrade e Scherer (2009), ela considera as pequenas paradas e a velocidade que o equipamento ou processo produtivo está atuando, mostrando assim se a máquina está trabalhando conforme desejado.

A qualidade mostra a capacidade que a máquina teve em produzir o produto corretamente pela primeira vez, ou seja, sem retrabalho e perda de material e ela é expressa pela relação entre a quantidade produzida corretamente sem nenhum refugo e a quantidade de peças produzidas no total. As equações da disponibilidade, produtividade e qualidade, baseadas em Braglia et al (2009) e Macedo et al. (2015), são expressas a seguir respectivamente como Equações 2, 3 e 4.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{tempo máquina produzindo}}{\text{tempo máquina disponível}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Produtividade (\%)} = \frac{\text{produção real}}{\text{produção teórica}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{peças corretas}}{\text{total de peças produzidas}} \times 100\% \quad (4)$$

Segundo Nakajima (1989), as empresas com um indicador OEE maior que 85% podem ser premiadas com o prêmio TPM *Award*, mas para que a empresa atinja este valor é necessário que os índices de disponibilidade, performance e qualidade sejam de 90%, 95% e 99% respectivamente, desta maneira, um indicador de 85% tem-se como meta ideal para os equipamentos atingindo a classe mundial.

Se utilizado de maneira correta, o indicador mostra a importância sobre as perdas dos equipamentos analisados e leva a empresa a aumentar a sua produtividade e a eficiência das máquinas, diminuindo assim possíveis custos com a falta de qualidade, retrabalhos e, até mesmo, investimentos desnecessários.

## **2.5 FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis***

O FMEA é uma das técnicas utilizadas para identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais visando aumentar a confiabilidade e segurança dos sistemas complexos e destina-se a fornecer informações para a tomada de decisões de gestão do risco (LIU et al., 2013). Conhecido como análise de modos e efeito de falhas, é uma ferramenta que tem como intuito identificar máquinas, equipamentos ou processos que possuem maior risco de ocorrência de modos de falha durante a sua operação.

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), essa ferramenta é a mais utilizada para selecionar e priorizar riscos e por isso tem grande importância na indústria. É uma importante e eficaz ferramenta de processos pela sua confiabilidade, buscando identificar todos os modos de falha e seus efeitos para que sejam analisados e sejam encontradas as ações necessárias a fim de garantir o nível de confiabilidade do sistema. Ou seja, é uma técnica da engenharia com o intuito de definir, identificar e eliminar possíveis falhas ou problemas em processos, sistemas ou produtos.

Para Stamatis (2003) existem três principais tipos de FMEA em que a forma de aplicação não muda, somente o objetivo final e são eles: de sistema, de produto e de processo. O de sistema é utilizado para identificar e avaliar falhas nos sistemas e subsistemas em fases iniciais de um projeto, mais precisamente nas interfaces do sistema. O de produto é para auxiliar na identificação de falhas nas etapas do projeto do produto antes de ser liberado para a produção. Já o de processo, define quais são as necessidades de alterações no processo de produção e previne que elas ocorram. De acordo com Pinto e Nascif (2009), a manutenção trabalha com o FMEA de processo, já que nessa fase os equipamentos já se encontram instalados e funcionando, fazendo com que a sua aplicação seja mais vantajosa para análise de falhas que já ocorreram.

A maioria dos métodos FMEA utiliza o valor do número de prioridade de risco (RPN) para avaliar o risco do processo em análise (LIU et al., 2013). Esse número RPN depende de três parâmetros que são questionados: gravidade de falha (S), probabilidade de ocorrência de falha (O) e a probabilidade de detectar a falha (D). Esses parâmetros têm suas atribuições demonstradas nos Quadros 1, 2 e 3, respectivamente, a seguir:

Quadro 1 - Ponderações de severidade

<b>Tipo de falha ou avaria</b>	<b>Severidade</b>	<b>Índice</b>
Sem efeito no sistema.	Marginal	0 – 1
Pequenos transtornos.	Baixa	2 – 3
Razoáveis transtornos.	Moderada	4 – 6
Grandes danos no sistema inoperante.	Alta	7 – 8
Risco à operação e segurança.	Muito alta	9 - 10

Fonte: PEREIRA (2011)

Quadro 2 - Ponderações de ocorrência

<b>Tipo de falha ou avaria</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Índice</b>
Falha improvável.	Remota	0 – 1
Pouco provável.	Baixa	2 – 3
Falha ocasional.	Moderada	4 – 6
Falha respectiva.	Alta	7 – 8
Falha inevitável.	Muito alta	9 - 10

Fonte: PEREIRA (2011)

Quadro 3 – Ponderações de detecção

<b>Tipo de falha ou avaria</b>	<b>Detecção</b>	<b>Índice</b>
Inevitável.	Muito boa	0 - 2
Boa chance de detecção.	Alta	3 – 4
50% de chance de falha.	Moderada	5 – 6
Improvável de ser detectada.	Baixa	7 – 8
Risco à operação e segurança.	Muito baixa	9
Não será detectada.	Indetectável	10

Fonte: PEREIRA (2011)

De acordo com Bonanomi et al. (2010), com base nesses três índices é realizada a priorização de quais modos de falha causa maior risco. A Equação 5 apresenta o cálculo do RPN.

$$RPN = S \times O \times D \quad (5)$$

Um índice RPN é calculado para cada modo de falha, para cada problema na máquina um valor é encontrado e, com base nesses valores é realizada a classificação de riscos. Quanto

maior o valor do RPN, maior é a incidência da falha na máquina e o risco gerado para o sistema e, conseqüentemente, maior é a prioridade para encontrar ações de correção e melhoria.

## 2.6 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta que auxilia na elaboração de planos de ação, dando clareza às atividades que devem ser desenvolvidas através da resposta à sete questões básicas que são utilizadas para implementar soluções. Essa ferramenta identifica, segmenta e estrutura de forma organizada todas as ações de um projeto (GOMES, et al., 2016).

Para Veiga (2013), essa ferramenta é um plano de ação para as atividades que tem a necessidade de serem desenvolvidas com a maior clareza possível, funcionando também como um mapeamento. A principal finalidade é responder às questões localizadas no Quadro 4, de forma clara e objetiva, assegurando que a implementação será planejada de forma cuidadosa.

Quadro 4 – Método 5W2H

5W	What	O que será feito	Etapas
	Who	Por quem será feito	Responsabilidade
	Where	Onde será feito	Local
	When	Quando será feito	Tempo
	Why	Por que será feito	Justificativa
2H	How	Como será feito	Método
	How much	Quanto custará fazer	Custo

Fonte: Adaptado de Gonçalves e Luz (2016)

Através dessas questões é possível ter um maior conhecimento sobre o processo, ação ou problema, e, além disso, planejar, direcionar, definir as responsabilidades e quantificar as ações.

## 2.7 Diagrama de Pareto

Segundo Barbosa (2010) e Werkema (2012), o Diagrama é uma ferramenta da qualidade utilizada para organizar e simplificar a coleta e o registro dos dados e contribui também para analisar os dados adquiridos.

Para Sales (2009), a ferramenta possui o conceito de que quando um problema possui muitas causas, 20% dessas causas resolvem 80% do problema e, 80% das causas sozinhas

resolvem 20% do problema. Ela evidencia as causas em que a prioridade de resolução é alta, separando os problemas primordiais dos de menor importância.

### **3. Metodologia**

De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Desse modo, o estudo é considerado de natureza aplicada, já que a finalidade é adquirir conhecimentos para elaborar um plano de manutenção que será utilizado com a finalidade de resolver a questão de custos elevados com paradas não programadas de uma máquina de blocos. É aplicada a pesquisa exploratória para saber mais sobre a produtividade da máquina, a busca de informações sobre o processo produtivo em que esta máquina faz parte e a procura de conhecimentos para o plano de manutenção preventiva e como aplicá-lo, já que de acordo com Gil (2007), esse tipo de pesquisa tem como intuito gerar maior familiaridade com os problemas e torná-los mais explícitos. O objetivo é identificar os fatores que mais afetam a produtividade da máquina, analisar as condições apresentadas no local e aplicar um plano de manutenção sobre eles para que a disponibilidade aumente.

Silva e Menezes (2005) consideram que a pesquisa quantitativa envolve tudo o que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, assim, a forma de abordagem do problema é a pesquisa quantitativa já que requer o uso de técnicas estatísticas. A coleta de dados é realizada através de dados documentados sobre a máquina e a empresa e através da ajuda dos funcionários com os conhecimentos transmitidos. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso busca investigar fenômenos que acontecem dentro de um contexto da vida real, sendo assim, o método de pesquisa será esse por envolver um trabalho sobre o equipamento de uma empresa em que só ocorrem manutenções corretivas.

O material teórico utilizado nesse estudo foi buscado em livros, artigos publicados, publicações de revistas e normas regulamentadoras. As noções de TPM, manutenção preventiva, o pilar de manutenção planejada, FMEA, OEE, foram adquiridos através da pesquisa bibliográfica, que serviram para obter os conhecimentos necessários para a conclusão do projeto. Para melhor entendimento da situação do objeto de estudo, coleta de dados e para melhores resultados de pesquisa, houve visitas *in loco*, entrevistas, reuniões com o pessoal que



trabalha diretamente com a máquina e com os gestores e observação direta. Além disso, pelo fato de a empresa não possuir nenhum controle documentado de manutenções corretivas foi implantada uma ficha de controle de manutenções para uso de dados mais concretos e confiáveis.

O artigo se baseou na metodologia do TPM (*Total Productive Maintenance*) que se trata de manutenção produtiva total. “A Manutenção Planejada tem em vista a redução do risco de ocorrência de avarias, e é adequada para equipamentos que exibam um comportamento regular, que permita estimar com algum rigor os modos de falha.” (RAMOS, 2010, pág. 19). Com isso, a metodologia ocorre de acordo com o pilar Manutenção Planejada, já que o estudo também é relacionado a essas questões e compartilha do mesmo objetivo.

De acordo com o levantamento referencial sobre os temas relevantes para o estudo e com as necessidades expostas pela empresa, foram desenvolvidos os seguintes procedimentos para a elaboração e implementação do plano de manutenção.

- Elaborar, determinar e executar atividades de manutenção;

A máquina conta apenas com manutenções corretivas não planejadas, e com isso não documenta corretamente as manutenções, trocas de peças e tempo de manutenções. Para resolver isso foi implementada uma ficha de manutenção corretiva tornando os dados históricos mais consistentes e com maior credibilidade para serem utilizados nas análises.

- Analisar e eliminar os pontos fracos do equipamento e processo, e eliminar as suas causas;

Através das fichas de manutenção foram coletados os dados referentes a quebras de máquina e todas as informações possíveis sobre tempos de máquina parada e qual peça foi danificada. Com os tipos de falha definidos foi feita uma análise com o OEE para verificar o quão eficiente estava sendo o equipamento e qual estava sendo o seu desempenho atual. Após isso, o FMEA foi utilizado para análise dos modos de falha e verificação de grau de risco que cada falha tem, para que fosse possível a definição de quais pontos são necessários ter uma maior atenção no plano de manutenção.

- Desenhar e consolidar um sistema de gestão de informação de manutenção, planejamento e controle;

Elaboração de um calendário de manutenção preventiva, onde o responsável pela manutenção deverá fazer uso diário para a verificação de manutenções programadas.

- Implementar sistemas de diagnóstico;

Criação de um fluxograma do procedimento a ser realizado pelo setor de manutenção com o intuito de verificar se há manutenções emergenciais ou se há manutenções programadas e como lidar com elas, definindo prioridades para esses casos.

- Melhorar continuamente o sistema de manutenção.

No fluxograma existe a informação de, se caso houver paradas não programadas, relatar para o gestor para que sejam analisadas, estudadas e, se houver necessidade, inclusas no plano de manutenção, para cada vez melhorá-lo ainda mais.

## **4. Resultados**

### **4.1 Análise de dados e planejamento das ações**

#### **4.1.1 Descrição do produto**

O produto final fabricado pela máquina em estudo é o bloco de concreto, que tem como função fazer fechamento de paredes em construção civil. A empresa fabrica através da máquina 12 tipos de blocos, que variam em tamanhos, sendo eles: vedação, meio bloco de vedação, estrutural e meio bloco estrutural. A seguir, na Figura 6, têm-se uma foto da máquina de blocos em produção.

Figura 6 - Máquina de blocos



Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 7 traz as fotos dos dois principais tipos de blocos que, entre eles, variam de acordo com algumas dimensões.

Figura 7 – Blocos de concreto



Fonte: Tamoyo Pré-Fabricados (2019)

No Quadro 5 está especificado os modelos e suas determinadas dimensões.

Quadro 5 – Modelos e dimensões dos blocos de concreto

<b>Tipos de Blocos</b>	<b>Largura (L)</b>	<b>Altura (A)</b>	<b>Comprimento (C)</b>
Vedação	09	19	39
	14	19	39
	19	19	39
Meio Bloco Vedação	09	19	19
	14	19	19
	19	19	19
Estrutural	09	19	39
	14	19	34
	14	19	39
	19	19	39
Meio Bloco Estrutural	16	19	39
	19	19	19

Fonte: Tamoyo Pré-Fabricados (2019)

Todos os blocos possuem a mesma função, entretanto há variação em seus modelos de acordo com essas dimensões.

#### **4.1.2 Registro das paradas de máquina**

A empresa não possuía controle de suas manutenções corretivas, de forma que ocorriam as quebras dos componentes, gerando paradas inesperadas e conseqüentemente manutenções emergenciais e, somente após as quebras, havia os consertos ou trocas de componentes. As falhas no processo, manutenções e consertos não eram documentados ou registrados.

Não havia controle sobre a quantidade de quebras ao mês, assim como da frequência de problemas que surgiam demandando correção ou troca. Os funcionários da manutenção e os responsáveis pela máquina, pelo cotidiano e experiência, estimavam quando deveria ser trocado um item ou outro, ou quando deveria ser feito certo reparo, entretanto não havia uma documentação comprovando as datas em que isso era necessário.

No mês de abril foi implantada uma ficha de manutenção corretiva, apresentada na Figura 8, para que se obtivesse um maior controle sobre a quantidade de manutenções, durabilidade de componentes e tempo entre a parada da máquina e o conserto.

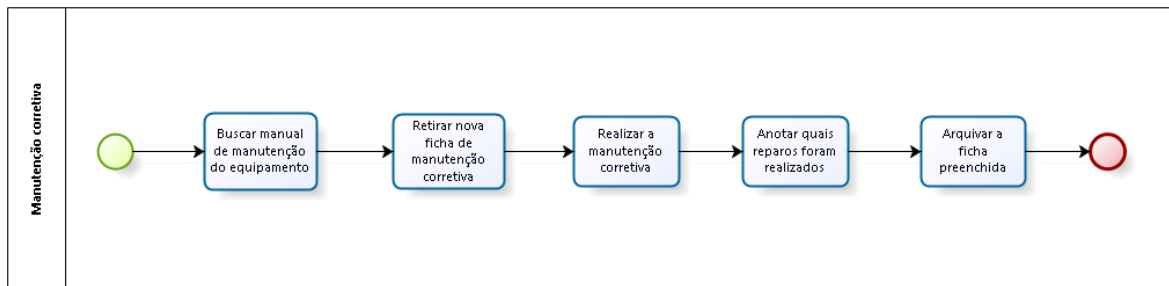
Figura 8 - Ficha de manutenção corretiva

FICHA DE SOLICITAÇÃO DE MANUTENÇÃO	
SETOR:	DATA:
MÁQUINA:	HORA:
RESPONSÁVEL:	
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:	_____
	_____
	_____
	_____
<b>MANUTENÇÃO</b>	
<b>RECEBIMENTO DA FICHA</b>	
RESPONSÁVEL:	DATA:
	HORA:
<b>FINALIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO</b>	
DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO:	_____
	_____
	_____
	_____
ITENS TROCADOS:	_____
	_____
	_____
	_____
RESPONSÁVEL:	DATA:
	HORA:
_____	
Liberação	

Fonte: Autoria própria (2019)

Essa ficha deve ser preenchida a cada manutenção necessária na máquina, onde o colaborador que trabalha diretamente com máquina é responsável por preencher assim que houver um problema no seu funcionamento, indicando o seu nome, a data e a hora em que houve o defeito e qual defeito foi apresentado. Feito isso, é necessário entregar ao setor de manutenção, onde o colaborador que a recebeu deve colocar o seu nome e o horário e a data em que lhe foi entregue. O responsável por aquela manutenção deve anotar seu nome, qual foi a solução encontrada para o problema, quais itens foram necessários ser trocados e a data e a hora em que a máquina foi liberada para a produção, assinando por fim a liberação. Na Figura 9 temos a explicação de forma objetiva de como se deve ser realizada a manutenção.

Figura 9 – Fluxograma de manutenção corretiva



Fonte: Autoria própria (2019)

No início da implantação houve uma resistência por alguns funcionários que argumentavam ser uma perda de tempo o preenchimento, diziam que perdiam muito tempo anotando essas informações. Após o gestor conversar com eles e apresentar a importância do controle de manutenções, os colaboradores começaram a utilizá-la.

Durante o período em que foi implementada, de abril à setembro, obteve-se um total de 31 fichas, onde foi possível observar quais os componentes que mais haviam falhas e a periodicidade em que eram necessários reparos. Através desses dados foi possível realizar o planejamento da manutenção preventiva.

A ficha de manutenção corretiva continuará sendo utilizada pela empresa para reparos e análises na máquina em estudo, pois foi visto pelos gestores a importância de haver um controle das quebras e um arquivamento para um melhor planejamento da produção.

#### **4.1.3 Coleta de dados da máquina e aplicação do OEE**

A empresa não possui um planejamento de manutenção sobre a máquina de blocos, entretanto sofre várias paradas não programadas que geram muito tempo de paralisação.

Para melhor entendimento da situação efetiva da máquina, foi aplicada a ferramenta OEE, onde é possível melhor observar o desempenho do equipamento. Para a coleta de dados necessária para os cálculos foi encontrado dificuldade, visto que os funcionários não possuíam o hábito de anotar essas informações e não possuíam um controle sobre o planejamento produtivo diário. Os dados coletados referentes a um dia de produção da máquina em questão estão localizados no Quadro 6.

Quadro 6 – Dados coletados da máquina de blocos

Capacidade média	520 peças/hora = 4160 peças/dia
Programação de produção	500 peças/hora = 4.000 peças/dia
Produção real	3.447 peças em 6,63 horas
Paradas de máquina para manutenções	1,37 horas
Peças com defeito	20 peças

Fonte: Autoria própria (2019)

Com esses valores foram calculados os índices de disponibilidade, produtividade e qualidade através das Equações 2, 3 e 4 respectivamente.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{6,63}{8} \times 100\% = 82,87\%$$

$$\text{Produtividade (\%)} = \frac{3.447}{4.160} \times 100\% = 82,86\%$$

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{3.427}{3.447} \times 100\% = 99,42\%$$

A partir dos resultados encontrados, com a Equação 1 calculou-se o índice OEE.

$$\text{OEE (\%)} = 0,8287 \times 0,8286 \times 0,9942 = 0,6827 = 68,27\%$$

Fazendo uma análise do índice OEE pode-se perceber que ele é considerado baixo de acordo com o valor em classe mundial. A disponibilidade da máquina é baixa por haver muito tempo perdido por paradas que podem ser reduzidas. O índice de produtividade também precisa ser aumentado, levando em consideração que a produção não está conseguindo alcançar o que foi programado, e um dos possíveis motivos são as paradas não programadas que trazem longas esperas para que a máquina volte a fabricar blocos. A qualidade dos produtos é considerada ótima e isso ocorre devido a empresa ter um rigoroso controle de qualidade. Em cada lote produzido várias amostras são retiradas para serem rompidas e para que seja verificado se a resistência está adequada, sendo que somente após a liberação do setor de qualidade o lote possa ser entregue ao cliente final.

Um dos focos do projeto é que esse índice aumente, aumentando assim a eficiência do equipamento para melhor utilizar a capacidade da máquina. Para uma melhor análise dos modos de falha da máquina e qual é a sua importância para o bom resultado dela, foi aplicado o FMEA

com o objetivo de melhor visualizar e elencar quais são as prioridades a serem estudadas e resolvidas.

#### **4.1.4 Análise FMEA**

A análise do FMEA é muito útil para que as empresas tenham uma melhor visualização dos seus potenciais problemas, de forma que exige tanto dos gestores, como dos funcionários a proposta de encontrar soluções para controlar os modos de falha.

A partir de reuniões *in loco* com gestores e funcionários dos setores de manutenção e de produção de blocos, foi possível realizar uma análise detalhada dos modos de falha da máquina localizados no Quadro 7, identificando também as possíveis medidas corretivas para a máquina em questão.

Os índices de ocorrência, severidade e detecção foram julgados pela equipe reunida no formato de *brainstorming*. Os valores de ocorrência foram baseados nas fichas de manutenções corretivas, onde foi possível avaliar a frequência de quebras e ajustes dos componentes. Após as avaliações foi calculado o índice RPN.



Quadro 7 – Análise FMEA: Modos, efeitos e causas das falhas

Item	Ponto da Falha	Análise da Falha			Avaliação de risco				Ação Preventiva Recomendada
	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
1	Vibradores	Aumento de ruído	Ruptura dos rolamentos	Excesso de vibração	7	8	1	56	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
2		Folga nas esferas/roletes	Vibração e desgaste dos rolamentos	Vibração	6	9	6	324	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
3									Fazer análise de vibração a cada 15 dias.
4		Folga no eixo	Desgaste no eixo	Desgaste do rolamento	5	2	3	30	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
5	Carrinho alimentador	Desgaste de roldanas	Falha na dosagem da MP e quebra do rolamento	Excesso de vibração – afrouxa os parafusos	5	1	1	5	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
6		Perca de matéria prima	Falha no produto final	Desalinhamento do carrinho	5	1	1	5	Inserção de borracha vedante.

(continua)

(continuação)

Item	Ponto da Falha	Análise da Falha			Avaliação de risco				Ação Preventiva Recomendada
	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
7	Pistões hidráulicos	Vazamento de óleo	Perca de força	Desgaste de uso – estrago do retentor	5	5	2	50	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
8		Quebra da carcaça	Vazamento de óleo e perca de força/pressão	Rompimento do retentor/desgaste de uso	4	2	2	16	Análise para verificar se a diminuição da rotação dos vibradores afeta na diminuição da quebra das carcaças.
9	Motor elétrico	Aumento de temperatura	Desarme no painel elétrico, aumento do consumo de energia e diminuição da vida útil	Trabalhar forçado	5	9	3	135	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
10		Folga nas esferas/roletes	Vibração e desgaste dos rolamentos	Vibração	6	9	6	324	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
11									Fazer análise de vibração a cada 15 dias.
12		Queda de fase no painel elétrico	Queima do motor	Queda de energia na alimentação	5	10	1	50	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.
13		Aumento de ruído	Desgaste da carcaça	Desgaste do rolamento	5	2	5	50	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.

(continua)

(continuação)

Item	Ponto da Falha	Análise da Falha			Avaliação de risco				Ação Preventiva Recomendada
	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN	
14	Correias	Desfiamento	Quebra da correia e função prejudicada	Desalinhamento de polias	6	8	1	48	Fazer análise de alinhamento de polias a cada 30 dias.
15	Painel elétrico	Aumento de temperatura	Queima dos componentes	Temperatura externa e sobrecarga dos motores	5	4	3	60	Instalação de exaustores no painel.
16									Diminuição da sobrecarga dos motores.
17	Mangueira hidráulica	Ressecamento	Ruptura da mangueira e vazamento de óleo	Superaquecimento do óleo	4	6	2	48	Instalação de outro radiador.
18	Forma	Desgaste	Alteração nas normas do produto acabado	Atrito da matéria prima	5	6	2	60	Monitoramento a cada 6 meses, sendo necessário trocar o miolo da forma para que esteja dentro dos padrões da ABNT.
19		Trincas	Quebra total da forma	Vibração da máquina	5	9	6	270	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.

Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme os resultados adquiridos pela aplicação da ferramenta FMEA, pôde-se observar os modos de falha potenciais, assim como propor melhorias através de ações preventivas para o processo de produção da máquina de blocos afim de se obter perspectivas que facilitariam a solução dos problemas.

Através da análise é possível observar que os modos de falha que possuem o maior índice RPN são as folgas nas esferas/roletes do motor e dos vibradores com o RPN de 324.

A ferramenta 5W2H foi utilizada com o propósito de abordar as ações preventivas de forma mais explicativa, abordando como será desenvolvido cada plano de ação.

#### 4.1.5 Ferramenta 5W2H

A partir da análise realizada através da ferramenta FMEA, foi possível encontrar planos de ação voltados a diminuir os índices dos modos de falha. Através do 5W2H (Quadro 8) é possível analisar essas ações preventivas de forma que fique mais explicativo o desenvolvimento. O item “*How Much*” não foi preenchido, pois a empresa optou por não fornecer os valores dos componentes da máquina e do trabalho desenvolvido pela produção.

Quadro 8 – Análise 5W2H

Item	What O que?	Why Por que?	Where Onde?	Who Quem?	When Quando?	How Como?
1	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Diminui a rotação e o impacto.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
2	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Vibrando menos gerará menos impacto que causa a folga nas esferas.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
3	Fazer análise de vibração a cada 15 dias.	Para evitar que a folga nas esferas afete a produção.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Verificando se há folgas nas esferas.
4	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Diminuindo a rotação por minuto há menos esforço nos rolamentos, aumentando a vida útil.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.

(continua)

(continuação)

Item	What	Why	Where	Who	When	How
	O que?	Por que?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
5	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Diminuindo a vibração, a estrutura da máquina vibrará menos, evitando que os parafusos se afrouxem.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
6	Inserção de borracha vedante.	Há uma folga entre o carrinho e a forma que são feitos de materiais metálicos e essa folga seria substituída por uma borracha evitando perda de material.	Carrinho alimentador	Setor de Manutenção	Em 2 meses	Fixação de borrachas no carrinho alimentador.
7	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Diminuindo a vibração e a com a inserção da borracha no carrinho alimentador haverá menos poeira advinda da matéria prima gerando menos desgaste nos retentores.	Vibradores e no carrinho alimentador	Setor de Manutenção	Em 2 meses	Substituição das polias do motor e vibrador e fixação de borrachas no carrinho alimentador.
8	Análise para verificar se a diminuição da rotação dos vibradores afeta na diminuição da quebra das carcaças.	Porque a maior rotação ocasiona uma alta vibração nos pistões.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
9	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Quanto maior a rotação do motor, mais esforço ele deverá fazer para trabalhar.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
10	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Com menos impacto na carcaça dos rolamentos há um trabalho mais alinhado.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.

(continua)

(continuação)

Item	What	Why	Where	Who	When	How
	O que?	Por que?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
11	Fazer análise de vibração a cada 15 dias.	Vibrando menos gerará menos impacto que causa a folga nas esferas.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
12	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Aliviando o motor há uma diminuição de amperagem, aliviando a carga elétrica.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
13	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Aliviando o esforço do motor há aumento da durabilidade dos rolamentos, gerando diminuição dos ruídos.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.
14	Fazer análise de alinhamento de polias a cada 30 dias.	Quando há um desalinhamento das polias as correias trabalham tortas havendo um desgaste.	Polias	Setor de Manutenção	Em 20 dias	Verificando o alinhamento das polias através do uso de uma régua.
15	Instalação de exaustores no painel.	Através do exaustor irá acontecer uma maior sucção de ar quente gerando uma renovação do ar.	Painel elétrico	Setor de Manutenção	Em 6 meses	Com a instalação de coolers no painel elétrico.
16	Diminuição da sobrecarga dos motores.	Diminuição na amperagem gerando menos sobrecarga nos contadores.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.

(continua)

(continuação)

Item	What	Why	Where	Who	When	How
	O que?	Por que?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
17	Instalação de outro radiador.	Quando a mangueira trabalha com óleo mais frio diminui o ressecamento.	Central hidráulica	Setor de Manutenção	Em 6 meses	Instalando mais um radiador na central hidráulica.
18	Monitoramento a cada 6 meses, sendo necessário trocar o miolo da forma para que esteja dentro dos padrões da ABNT.	Para que o produto fique dentro das especificações de qualidade.	Forma	Setor de Qualidade	Em 6 meses	Fazendo medições mensais pelo controle de qualidade nos materiais fabricados.
19	Diminuição da quantidade de rotações por minuto (RPM) dos vibradores.	Quanto maior a vibração há maior probabilidade de ocorrer de trincas.	Vibradores	Setor de Manutenção	Em 30 dias	Substituição das polias do motor e vibrador.

Fonte: Autoria própria (2019)

Dessa forma podemos observar que a maioria dos modos de falha seriam amenizados com o mesmo plano de ação que é a diminuição da rotação dos vibradores. Com a resolução desse problema em questão, ou seja, diminuindo o RPM dos vibradores, haveria uma melhoria em grande parte dos modos de falha.

Entretanto, diminuir a rotação dos vibradores afeta diretamente a produção da máquina. Com a máquina trabalhando de forma mais lenta, diminui a sua capacidade produtiva. Sendo assim, como a máquina possui dois vibradores, a solução encontrada foi adicionar um terceiro vibrador na área de prensagem, que seria a parte mais afetada por essa redução de rotação, fazendo com que não haja perda de rendimento produtivo.

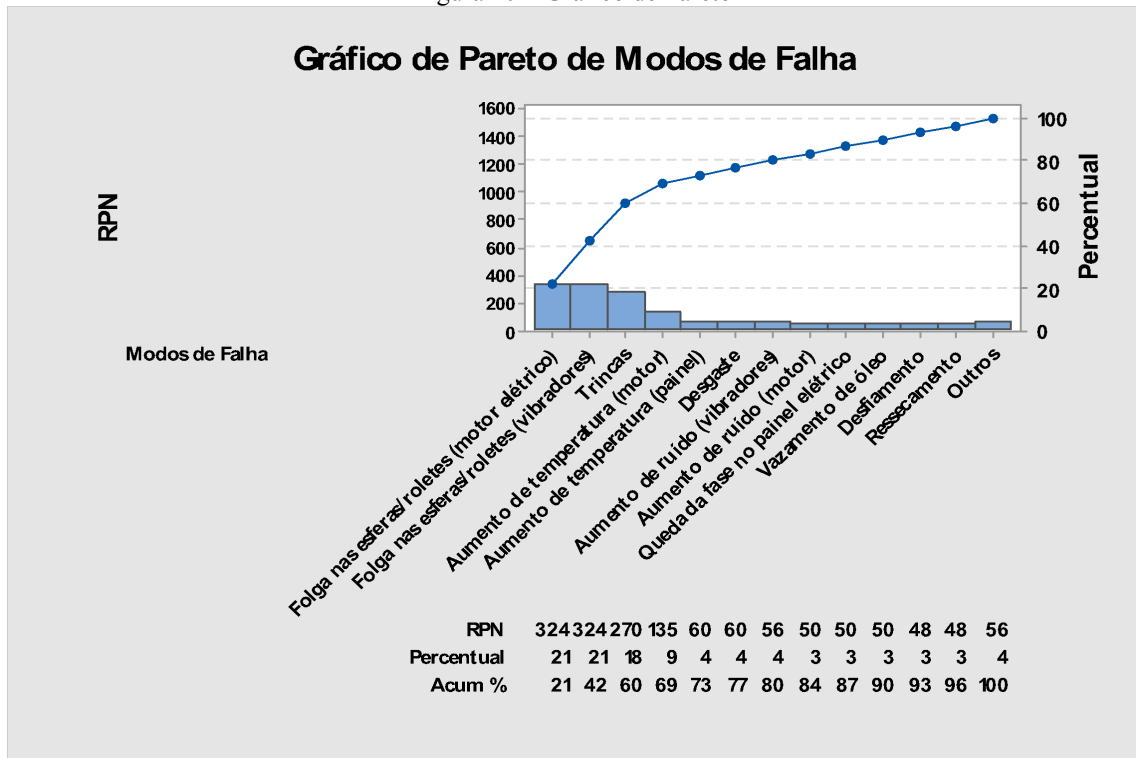
## **4.2 Análise dos resultados**

### **4.2.1 Plano de manutenção**

Através dos índices de RPN obtidos com a ferramenta FMEA, os valores foram compilados com o uso Gráfico de Pareto localizado na Figura 10, para que assim seja analisado quais modos de falha tem maior prioridade na manutenção preventiva da máquina. De acordo com Pereira (2011), o Gráfico de Pareto é utilizado para uma análise de comparação

que relaciona as relevâncias de determinadas falhas existentes na máquina. Através da análise de frequências de ocorrências é possível identificar os modos de falha mais relevantes e que mais possuem influência.

Figura 10 – Gráfico de Pareto



Fonte: Autoria própria (2019)

Com o uso do gráfico foi possível identificar os modos de falha responsáveis por 80% dos problemas da máquina, ou seja, a maior parcela de falhas que geram quebras e paradas de produção. Assim, detectou-se também que os itens mais críticos são as folgas nas esferas tanto do motor elétrico, como dos vibradores.

A partir da análise dos resultados obtidos pelo gráfico, foi possível criar um plano de manutenção preventiva inserindo os componentes mais críticos e que tem maior influência sobre os modos de falha das máquinas, já que eles demandam uma maior atenção e cuidado periódico. Com os dados obtidos pelas fichas de manutenção corretiva e o conhecimento do chefe da manutenção foi possível inserir a periodicidade com que cada item deve ser verificado e assim criar o Programa de Manutenção Preventiva localizado na Figura 11.



Figura 11 – Checklist de Manutenção Preventiva

	<b>Programa de Manutenção Preventiva</b>														
	<b>Relatório de Verificação para Manutenção Preventiva</b>						Máquina Blocos		Versão 1		Data		Folha 1/1		
<b>Manutenção Preventiva</b>															
Legenda : ○ previsto   ● verificado   ⊖ verificado e corrigido															
Item	Máquina de blocos														Observações
	Mês 01		Mês 02		Mês 03		Mês 04		Mês 05		Mês 06				
Folga nas esferas/roletes dos vibradores	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Folga nas esferas/roletes do motor elétrico	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Trincas na forma	○							○							
Aumento de temperatura do motor elétrico	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Aumento de temperatura do painel elétrico	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Desgaste da forma	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Aumento de ruído dos vibradores	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

Elaborado por:	Aprovado por:
----------------	---------------

Fonte: Autoria própria (2019)

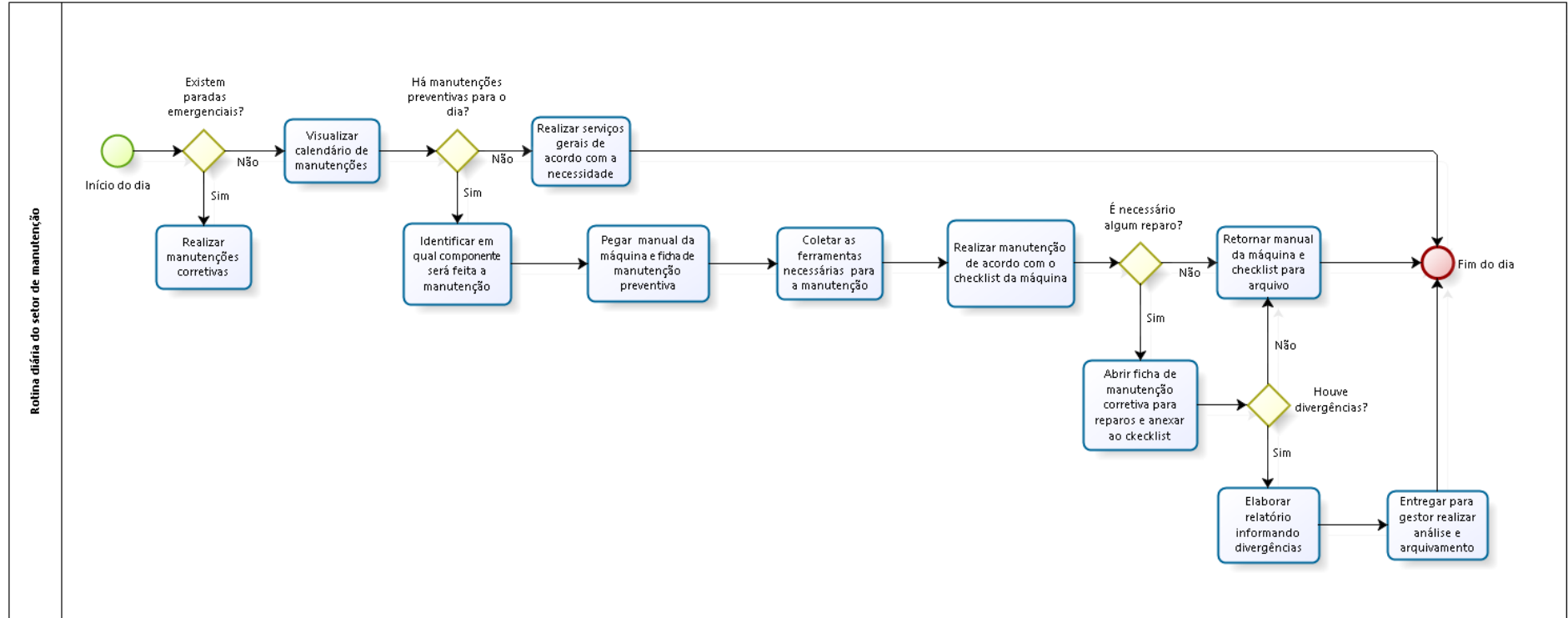
Essa ficha possui os itens de maior criticidade, seguido da frequência com que devem ser inspecionados. Sendo assim, esses itens devem passar por uma análise dentro do prazo estipulado no programa de manutenção. Quando for verificado pela manutenção, mas não necessitar de reparos, o item será preenchido; quando houver a necessidade de correção/reparo ele deve ser feito um traço, de acordo com a legenda. Caso haja alguma observação durante a análise, deverá ser escrita na folha.

O programa de manutenção preventiva deverá permanecer no setor de manutenção para que todos tenham acesso. Além disso, quando houver algum tipo de observação o gestor deverá ser informado para analisar e se necessário atualizar o *checklist* de acordo com a necessidade.

Esse programa deverá ser revisado pelo gestor a cada 6 meses, de forma que sempre se atualize garantindo a melhoria continua da manutenção preventiva da máquina.

Foi criado um plano de manutenção que deverá ficar na gestão a vista do setor de manutenção, para que todos tenham fácil acesso. Esse plano, ilustrado na Figura 12, mostra como se dará o processo de manutenção da máquina no dia a dia da empresa.

Figura 12 – Fluxograma do setor de manutenção



Fonte: Autoria própria (2019)

Quando houver paradas emergenciais as manutenções corretivas deverão ser realizadas como prioridade, sendo necessário abrir uma nova ficha de manutenção corretiva e arquivando. Caso não haja, a manutenção deverá analisar se há manutenções programadas e se não houver deverá realizar os serviços gerais.

Para verificar se há manutenções programadas é necessário olhar o Programa de Manutenção Preventiva, onde é possível identificar se naquela semana algum item necessita verificação. Se estiver programado e for analisado que é necessário realizar reparos no item, uma ficha de manutenção corretiva deverá ser aberta de forma que seja descrito qual reparo está sendo realizado e, caso não necessitar reparos, o *checklist* deve ser preenchido como verificado e o programa deve ser arquivado novamente.

Quando houver divergências na manutenção preventiva, além de ser necessário escrever nas observações do programa, um relatório deve ser escrito e, em seguida, entregue ao gestor para que seja feita uma análise e possível atualização do programa de manutenção preventiva.

## **5. Conclusão**

Através do uso das ferramentas da Engenharia de Produção foi identificado os principais modos de falha que prejudicam o funcionamento e a produtividade da máquina de blocos. Com esses dados, foi traçado os planos de ações com o intuito de diminuir a quantidade de paradas e os efeitos que elas causam no processo produtivo.

Conforme os objetivos definidos, foi possível o desenvolvimento de um Plano de Manutenção Preventiva em que consta quais componentes devem ser verificados e a periodicidade com que essa análise deverá acontecer. Além disso, houve um mapeamento em que se mostra como deverá ser a rotina do setor de manutenção e quais são as prioridades em relação às manutenções corretivas e preventivas.

A implantação do Plano de Manutenção Preventiva alinhado a um treinamento do setor de manutenção voltado à nova rotina que deve ser seguida, possibilitaria prevenir e reduzir as paradas não planejadas da máquina de blocos. Com isso, os prazos de entrega dos produtos tendem a reduzir e serem cumpridos com maior eficácia, já que o planejamento de produção será mais seguro, refletindo assim em um menor risco de perda clientes por não cumprimento de datas.

A redução das paradas não programadas influencia diretamente o índice de disponibilidade do OEE, sendo que quanto menor o tempo em que essa máquina fica parada, maior é o tempo em que ela fica disponível para produzir, aumentando assim o Índice de Eficiência do Equipamento.

Além disso, os custos com paradas não programadas sejam eles relacionados a perda de produção ou a compras imediatas de componentes, muitas vezes por valores acima de quando adquiridos com antecedência, também irão reduzir devido a uma maior preparação da produção. O trabalho se limitou a soluções teóricas já que não houve a implementação do plano de manutenção e também houve limitações relacionadas aos recursos financeiros necessários, já que a empresa optou pelo não fornecimento desses dados.

Os resultados obtidos através desse trabalho serão apresentados para os gestores para possíveis implementações. A importância de cada componente no processo produtivo dos blocos como foi analisado através das ferramentas FMEA, 5W2H e do Gráfico de Pareto, serão apresentados com o intuito de que seja implantada a manutenção preventiva nessa máquina com possibilidade de expansão do plano de manutenção para outras máquinas e setores da empresa.

## **Referências**

- ANDRADE, J. J. O. & SCHERER, C. S. Estudo de caso da aplicação de indicador de eficiência global de equipamento (OEE) para diagnóstico e melhoria de produtividade em uma linha de produção automotiva. In: **ENEGEP - XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Salvador, 13p, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BAPTISTA, J. **Industrial Maintenance today and future trends**. Minning, [2015?]
- BARBOSA, E. F. **Gerência da Qualidade Total na Educação**. Fundação Christiano Ottoni. Belo Horizonte – MG, 2010.
- BONANOMI, R. C.; SILVA, W. V da. CORSO, J. M. D.; DUCLÓS, L. C. **Aplicação da teoria Grey e FMEA: análise dos modos de falha e efeitos na priorização de riscos de projeto de desenvolvimento de software produto**. In: Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 06, n. 04, p. 70-92, 2010.
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. **Overall Equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) - an integrated approach to assess systems performance**. Journal of Manufacturing Technology Management, v.20, n.1, pp. 8-29, 2009.
- CARNEIRO, J. R.; SILVA, E. B.; ENEGEP. Proposta de implementação do plano de manutenção preventiva de transformadores de distribuição em uma reformadora. In: **ENEGEP-XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Maceió, 2018.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

FIDELIS, N. T. S. et al.; ENEGEP. O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. In: **ENEGEP-XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Fortaleza, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, A. C. D. N. et al. A aplicação das ferramentas da qualidade na criação de procedimentos operacionais padronizados em dois restaurantes de meios de hospedagem no rio de janeiro. **XXXVI ENEGEP**, 2016.

GONCALVES, R. D. S.; LUZ, M. P. D. Proposta de implantação de ferramentas da qualidade no processo produtivo de uma empresa alimentícia. **XXXVI ENEGEP**, 2016.

GOULART, N. H. B. et al; ENEGEP. Proposta de implantação de um sistema de manutenção preventiva em uma empresa de pequeno porte do ramo de fabricação de fraldas. In: **ENEGEP-XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, João Pessoa, 2016.

KARDEC, A.; NASCIF, J.; **Manutenção: Função Estratégica**. 4a edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

LAFRAIA, J. R. B. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LIU, H.-C.; LIU, L.; LIU, N. **Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review**. Expert Systems with Applications, v. 40, n. 2, p. 828–838, fev. 2013.

MACEDO, D. F. et al. Utilização do índice de eficiência global de equipamentos para diagnóstico e melhoria do desempenho produtivo: um estudo de caso. **ENEGEP-XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Fortaleza, 2015.

MARKO, R. PIB da construção deverá crescer em 2% em 2019. **SindusCon-SP**. Fev. 2019. Seção Economia. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-pib-da-construcao-devera-crescer-2-em-2019-2/>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

MÁRQUEZ, A. C. et al. **The maintenance management framework: a practical view to maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 15, n. 2, p. 167- 178, 2009.

MENDES, Angélica Alebrant; RIBEIRO, José Luis Duarte. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Prod.**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 675-686, set. 2014.

MENEZES, Gigliara Segantini; SANTOS, Maiquel Moreira Nunes; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (TPM): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 4, 2015.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OPRIME, Pedro Carlos; MONSANTO, Rafael; DONADONE, Júlio Cesar. Análise da complexidade, estratégias e aprendizagem em projetos de melhoria contínua: estudos de caso em empresas brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 69-682, 2010.

- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. Vol.4, n.2, 2008.
- PASKOCIMAS, C. A.; **Projeto cerâmico**: módulo 3. Brasília: SENAI/Departamento Nacional, 2010.
- PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção**: Teoria e prática. 2ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011.
- PINTO, A. K.; NASCIF, J. **Manutenção**: Função Estratégica. 3a edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009.
- PINTO, Renzo Guedes; LIMA, Carlos Roberto Camello. A Integração entre o TPM e o RCM na manutenção. In: ENEGEP-XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007. p.27.
- PITON, C. L. et al. Análise da capacidade produtiva dos equipamentos através do indicador OEE em um setor de salgadinho de uma indústria alimentícia. In: **ENEGEP-XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, João Pessoa, 2016.
- RAMOS, Diogo dos Santos et al. **TPM na manutenção na Bosch termotecnologia SA**. 2010.
- RAPOSO, Cristiane Fátima Cavalcante. Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011.
- REZENDE, Alvimar Carneiro de. **Manutenção Industrial** – SENAI, 2008, p. 22.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: uma referência para a melhoria do processo. Editora Atlas, 2006.
- SALES, Matías. Diagrama de pareto. **Recuperado el**, v. 15, 2009.
- SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura**. 2007. P.10 f. UNIFEI.
- SHIROSE, K; BODEK, N. **TPM for workshop leaders**. 1. ed. New York: Productivity, 1992.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. UFSC, Florianópolis, 2005. \*\*\*\*
- SINGH, R.; GOHIL, A.; SHAH, D.; DESAI, S. Total Productive Maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. **Procedia Engineering**, v.51, n.1, 592-599, 2013.
- STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis**: FMEA from theory to execution. ASQ Quality Press, 2003.
- VEIGA, RAQUEL SASSARO et al. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de ervamate. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 6, n. 1, p. 71-78, 2013.
- WERKEMA, C. Criando a cultura Lean Seis Sigma. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005