

## **ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA GRÁFICA DE MÉDIO PORTE**

## **ELABORATION OF THE PROPOSAL OF A MAINTENANCE PLAN IN A MEDIUM-SIZED PRINT SHOP**

GUILHERME BATISTA SACHS (aluno)

ANDERSON LACERDA RODRIGUES (orientador)

### **Resumo**

*Equipamentos confiáveis e um bom plano de manutenção são extremamente importantes para que a empresa possa ter a certeza e a confiança necessária para trabalhar com produtividade e definir prazos corretos. Portanto, neste trabalho foi elaborada uma proposta de plano de manutenção no setor produtivo de uma gráfica de médio porte, seguindo conceitos teóricos da Manutenção Produtiva Total (TPM) com base na literatura. A empresa não possuía nenhuma área voltada a manutenção e vinha tendo muitos problemas na produção por esse motivo. Esse plano contou com uma coleta de dados extraída dos controles internos e dos responsáveis de cada equipamento para que fosse possível estabelecer a confiabilidade atual dos processos e a periodicidade necessária das checagens de manutenção preventiva, para que ao final, fosse elaborando um checklist de planejamento de manutenção preventiva para cada equipamento, objetivando reduzir as paradas não programadas corretivas. Sendo assim, com a aplicação do plano de manutenção, a empresa se torna capaz de antecipar falhas através de uma gestão do processo de manutenção.*

**Palavras-chave:** *confiabilidade; manutenção preventiva; plano de manutenção.*

### **Abstract**

*Reliable equipment and a good maintenance plan are extremely important so that the company can be confident and confident enough to work with productivity and set correct deadlines. Therefore, in this work was elaborated a proposal of maintenance plan for the construction of a medium size network, following the concepts of Total Productive Maintenance (TPM) based on the literature. The company had no maintenance area and had many production problems for that reason. This plan included a collection of data from the internal controls and the controllers of each equipment so that it was possible to establish the current reliability of the processes and the necessary periodicity of the preventive maintenance checks, so that in the end, was elaborated a preventive maintenance planning checklist for each equipment , in order to reduce unplanned corrective stops. Thus, with the application of the maintenance plan, the company becomes able to anticipate failures through a management of the maintenance process.*

**Key-words:** *reliability; preventive maintenance; maintenance plan.*

## **1. Introdução**

Atualmente, empresas de todos os setores buscam a todo o momento inovações para aumentar sua produtividade e reduzir seus custos para vencer a concorrência. Porém apenas poucas dão importância para a gestão da manutenção, sendo que quando implantada, pode trazer grandes melhorias para a empresa.

Ao final da era industrial a engenharia estava bastante interessada na área de desenvolvimento e melhorias do funcionamento de máquinas e equipamentos. Porém essa visão foi apenas para a melhoria da produtividade, deixando de lado o estudo mais acentuado das reais causas e efeitos das falhas (CAVALCANTE, 2003).

Segundo Kardec (2002), a engenharia da manutenção é uma mudança cultural para que ao invés de ficar consertando continuamente a máquina, procurar sua causa básica para eliminar o que sempre causa o problema de mau desempenho, acabando com os problemas crônicos e melhorando as técnicas de manutenção.

Neste sentido, segundo Almeida (1997), com o avanço tecnológico e o surgimento de equipamentos mais complexos, ou seja, mais propícios a apresentarem falhas, provocou a necessidade da criação da engenharia da confiabilidade que aborda a natureza das falhas, os riscos, a segurança e os custos.

Este trabalho visou a análise dos equipamentos setor produtivo de uma gráfica situada em Maringá – PR, de médio porte (SEBRAE, 2018), propondo detectar as principais fragilidades da área de manutenção da empresa e recomendando a inserção de um setor de manutenção na mesma, utilizando métodos conhecidos no estudo dessa área e a aplicação de um dos pilares da Manutenção Produtiva Total (TPM), a manutenção planejada.

### **1.1. Justificativa**

O presente trabalho foi realizado para que seja proposto um plano de manutenção nas principais máquinas da empresa de modo a aumentar o controle sobre os maquinários e tornar mais confiáveis os processos. Sendo assim, evitar as paradas não programadas dos equipamentos que causam o grande número de serviços atrasados e má qualidade de produtos dentro da empresa. Com o projeto finalizado, a empresa poderá incorporar essa ideia e propor uma mudança na cultura organizacional, com a adequação dos colaboradores a nova rotina de manutenção planejada das máquinas, auxiliando o setor do PCP na programação dos pedidos para que possam ser entregues dentro do prazo, diminuindo as incertezas de planejamento da produção.

## **1.2. Definição e delimitação do problema**

Com a posterior implementação da proposta de manutenção na empresa almeja-se uma grande diminuição do principal problema da mesma que é o grande número de pedidos atrasados, em grande parte causado pelo mau funcionamento das máquinas ou parada repentinas devido a falhas elétricas ou mecânicas não controladas. Assim esse projeto visou estudar os dados provenientes do controle que já existe de apontamentos de produção para entender o comportamento das máquinas e processos e deste modo a definir as ações imediatas e rotineiras de manutenção preventiva e corretiva nos equipamentos melhorando a confiabilidade dos processos, já no curto prazo.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo geral**

Propor um plano de manutenção em uma gráfica com o embasamento em um dos pilares da metodologia TPM, a manutenção planejada, para minimizar as paradas não programadas das máquinas, aumentando a confiabilidade dos processos.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Como objetivos específicos, tem-se:

- Identificar as máquinas que possuem maior frequência de quebra;
- Listar os itens que sofrem manutenção com mais frequência para cada equipamento;
- Calcular a confiabilidade dos principais processos da empresa;
- Identificar a melhor periodicidade para realizar a checagem preventiva de manutenção para cada máquina;
- Propor a inserção de um setor de manutenção na empresa.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1 Manutenção Produtiva Total (TPM)**

Segundo Nascimento (2006), Manutenção Produtiva Total é um termo traduzido do inglês como *Total Productive Maintenance* ou através da sigla TPM. Onde “manutenção produtiva” indica a melhoria na produtividade das máquinas da empresa e “total” representa o envolvimento de todos na empresa, independente do nível hierárquico.

No ano de 1971, Seiichi Nakajima foi o responsável por propor a TPM como método de gestão da manutenção, que vem crescendo cada vez mais. (JESUS, 2012).

De acordo com Takahashi e Osada (1993, p.2): “TPM é um conjunto de atividades de gerenciamento voltadas para o equipamento, visando atingir a sua utilização máxima. Para tanto, promovem a integração de todos os funcionários”. Com isso, pode-se perceber que o principal objetivo da TPM é encontrar um equilíbrio entre ter uma maior produtividade e um baixo custo.

Nakajima (1989) diz que as principais fontes causadoras de perda de produtividade ligada à manutenção de máquinas e equipamentos são:

- Perdas por quebras em equipamentos;
- Perdas por ajustes na preparação;
- Perdas por paradas curtas de produção;
- Perdas por velocidade abaixo do normal;
- Perda devido as peças defeituosas de retrabalhos;
- Perdas decorrentes de startup (regime de partida).

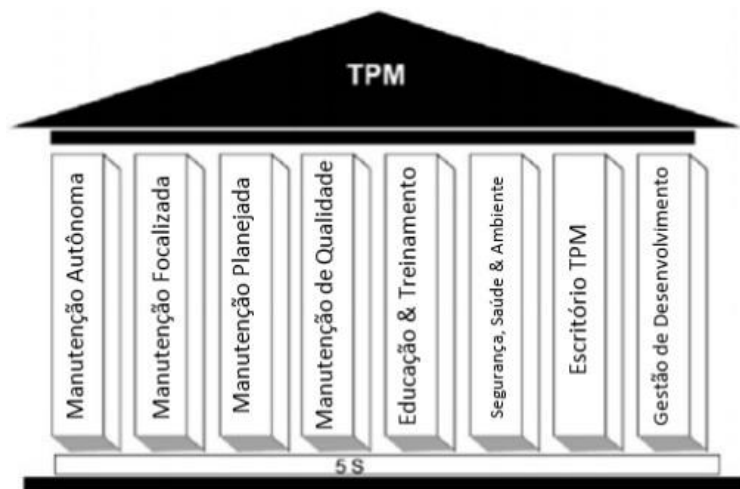
Para se conseguir as melhorias advindas desse método, Kardec (2002) lista quatro passos fundamentais:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária;
- Capacitar os mantenedores a serem polivalentes;
- Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção;

- Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

Na figura 1 encontram-se os oito pilares da TPM de acordo com Ahuja e Khamba (2008) que servem de sustentação para que o método funcione.

Figura 1 - Pilares do TPM



Fonte 1- Ahuja e Khamba (2008)

Dos pilares da TPM, apenas a Manutenção Planejada foi definida, pois é o método que o trabalho utiliza na proposta do plano de manutenção.

### **2.1.1 Manutenção planejada**

Singh et al. (2013) definem manutenção planejada como aquela que deixa a máquina em perfeito estado, sem qualquer avaria e que mantém a disponibilidade da máquina constantemente. Para aplicar esse pilar, deve-se ter o auxílio da manutenção preventiva, da manutenção corretiva ou da manutenção preditiva.

### **2.2 Análise do modo e efeito da falha – FMEA**

FMEA é uma ferramenta conhecida por esse nome devido seu significado em inglês: Failure Mode Effect Analysis.

Segundo Kardec e Nascif (2009), essa ferramenta identifica e prioriza as causas principais das falhas dos equipamentos e posteriormente fornece as ações a serem tomadas para prevenir a ocorrência da falha novamente, portanto parte da causa para chegar ao efeito.

Os autores ainda dizem que FMEA está mais ligado na parte qualitativa na etapa avaliação do projeto. Seu foco deve ser em falhas que já ocorreram alguma vez para evitar que ocorra novamente causando prejuízos. Então quanto mais pessoas da manutenção envolvidas, menor a chance de ocorrer uma falha (KARDEC e NASCIF, 2009).

### **2.3 Diagrama de Pareto**

Diagrama de Pareto, segundo Slack et. al. (2009), trata-se de uma técnica capaz de classificar as informações quanto aos tipos de problemas ou suas causas por ordem de importância de maneira a priorizar áreas em que as investigações poderão ser mais úteis. Ou seja, ela demonstra a importância de cada variável para determinada análise.

Segundo Paranhos Filho (2007) “A hipótese da regra de Pareto é formulada considerando que 80% dos problemas provêm de 20% das fontes e que a maneira mais produtiva de atacar os defeitos é atacar a causa dos 80%”. A representação para a visualização disso é através de um gráfico de barras elaborado em ordem decrescente de importância.

### **2.4 Fluxograma**

Fluxograma serve para descrever graficamente tanto um processo já existente quanto um processo novo, demonstrando a sequência das atividades e processos através de símbolos, setas e palavras (HARRINGTON, 1993).

Um método para realizar fluxogramas é através do software o Bizagi Modeler que utiliza a notação BPMN que, de acordo com Silva e Silva Filho (2017), permite fazer simulações de processos relacionando custos e tempo, pois ele é capaz de modelar processos de forma descritiva, analítica e de execução.

### **2.5 Confiabilidade em manutenção**

Scapin (2013) define confiabilidade como sendo a probabilidade de um sistema ou de um produto executar sua função de maneira satisfatória, em um intervalo de tempo definido. Junto a isso, O’ Connor e Kleyner (2012) complementam dizendo que a confiabilidade é definida pela taxa de falha em um período ou pelo tempo médio entre falhas ou *Mean Time Between Failures* (MTBF). Além disso, para manutenção corretiva se torna importante o tempo médio de reparo ou *Mean Time To Repair* (MTTR).

A manutenção quando direcionada para confiabilidade, segundo Rosa (2005), é o conjunto de intervenções, técnicas e conhecimentos necessários, após a definição das falhas mais comuns, para que os equipamentos em análise operem corretamente, levando sempre em consideração os custos de manutenção, as perdas produtivas, a segurança e o desperdício de matéria-prima.

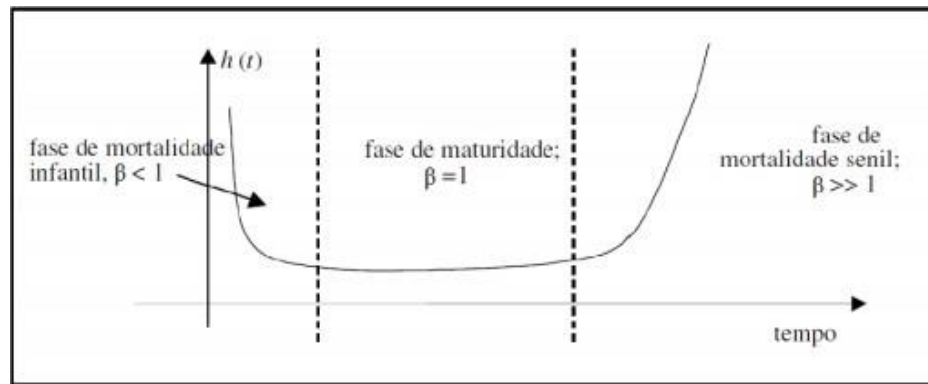
Com os valores do MTBF e MTTR, pode-se calcular a disponibilidade de um equipamento que é definido como o percentual de tempo em que o sistema encontra-se operante, ou seja, o período em que ele está disponível para operação. Uma boa gestão envolve tanto o aumento do MTBF como a redução do MTTR. A fórmula para esse cálculo é a da equação 1:

$$Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad eq. (1)$$

Além das medidas já citadas, MTBF e MTTR, Fogliatto (2009) cita o tempo médio até a falha (MTTF) que é o tempo contabilizado desde o período em que o equipamento inicia seu funcionamento até a falha. Esse valor caso não seja medido de forma contínua, pode ser contabilizado pelo número de ciclos até a falha ocorrer.

Para seguir uma estratégia de manutenção bem definida é possível utilizar o a curva da banheira, demonstrada na figura 2, para entender o ciclo de vida dos equipamentos. Na primeira fase, o tipo de manutenção mais indicado é a corretiva, pois nesse período ocorrem falhas prematuras, como por exemplo, falha de instalação e erros de fabricação. Já na fase seguinte, o tipo de manutenção mais correto é a preditiva, pois nela a taxa de falhas é bem definida e varia muito pouco, portanto as falhas ocorrem geralmente por eventos aleatórios, como erros humanos por exemplo. Por fim, na terceira fase, o tipo de manutenção recomendado é a preventiva, pois é a fase onde a taxa de falhas aumenta continuamente devido ao envelhecimento do equipamento (SELLITTO, 2005).

Figura 2 - Curva da banheira



Fonte 2 - Sellitto (2005)

A confiabilidade tem algumas formas de distribuição e uma delas é a distribuição exponencial que é caracterizada pela maior simplicidade das equações dentre todos os métodos e por isso, é a mais utilizada, sendo a parte mais útil da figura 2, o meio. Nela a distribuição é contínua e a função risco é constante (FOGLIATTO, 2009).

As equações 2,3 e 4 descrevem a distribuição exponencial segundo Fogliatto (FOGLIATTO, 2009).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{eq. (2)}$$

$$h(t) = \lambda \quad \text{eq. (3)}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \text{eq. (4)}$$

Onde  $R(t)$  representa a função de confiabilidade e  $h(t)$ , a função de risco que por ser constante, é equivalente ao parâmetro  $\lambda$  que é a taxa de falha de um equipamento.

“A taxa de falha é definida como o número de falhas por unidade de tempo. Usualmente é expressa em unidades de falha por milhão de horas” (KARDEC e NASCIF, 2012).

A fórmula para a taxa de falhas ( $\lambda$ ) é representada pela equação 5:

$$\lambda = \frac{NF}{NHO} \quad \text{eq. (5)}$$

Onde NF é o número de falhas do equipamento e NHO é o número de horas de operação ou tempo efetivo de trabalho.

Após a obtenção de dados referentes à manutenção na empresa, Seixas (2008), demonstra que é possível calcular a probabilidade de um equipamento apresentar uma falha em um determinado intervalo de tempo através da equação 6. Com isso torna-se possível a determinação da periodicidade de tempo que será necessário a realização de manutenção preventiva nos equipamentos.



$$P(r) = \frac{(\lambda t)^r \times e^{-\lambda t}}{r!} \quad \text{eq. (6)}$$

Onde,  $r$  é o número de falhas para um dado intervalo de tempo ( $t$ ),  $\lambda$  é a taxa de falhas por hora,  $t$  é o tempo expresso em horas e  $P(r)$  é a probabilidade de obter exatamente  $r$  falhas no tempo  $t$ .

### 2.5.1 Sistemas série-paralelo

Fogliatto (2009) define sistema como componentes que quando conectados, podem realizar várias funções confiáveis e bem desempenhadas. Ele divide os sistemas em dois tipos, séries e paralelos. O primeiro é caracterizado por um risco maior, pois na ocorrência da falha de qualquer equipamento do conjunto, todo o sistema falha, portanto utiliza-se mais quando se deseja apresentar um custo menor. Já no segundo tipo, para o sistema falhar, todos os equipamentos tem que apresentar falha ao mesmo tempo, pois um pode operar no lugar do outro.

Para se obter a confiabilidade dos sistemas, utilizam-se as fórmulas 7 e 8 para quando se encontram em série e quando se encontram em paralelo, respectivamente:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n Ri = R1 \times R2 \times \dots \times Rn \quad \text{eq. (7)}$$

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Ri) = (1 - R1) \times (1 - R2) \times \dots \times (1 - Rn) \quad \text{eq. (8)}$$

Para isso é necessário que se saiba a confiabilidade de cada equipamento envolvido.

## 2.6 Tipos de manutenção

Segundo Queiroz (2015), Os tipos de manutenção que vem sendo usados nas indústrias são: corretiva, corretiva programada, preventiva, preditiva e autônoma.

### 2.6.1 Manutenção corretiva

“Manutenção corretiva é aquela que ocorre em situações não planejadas, pequenos panes em produção ou grandes quebras inesperadas. Para efeito de correção imediata do problema” (QUEIROZ, 2015).

Segundo Kardec e Nascif (2009), esse tipo de manutenção é a correção de maneira

aleatória de uma falha sem a preparação prévia do serviço, causando paralizações demoradas e gerando alto custo para a empresa.

### **2.6.2 Manutenção corretiva programada**

Manutenção corretiva programada, segundo Queiroz (2015), se difere da não programada, pois nesse caso, atua-se em equipamentos que começaram a apresentar baixo rendimento e necessita de uma manutenção corretiva, porém pode-se programar o momento de intervir.

### **2.6.3 Manutenção preventiva**

Manutenção preventiva é o método para prevenção de falhas. Ocorre com a substituição ou manutenção de peças que podem falhar com o uso, no tempo correto antes disso ocorrer (GLASSER, 1969).

Segundo Kardec (2002), esse método possui um planejamento com intervalos de intervenção definidos para se antecipar a falhas e mau funcionamento das máquinas.

### **2.6.4 Manutenção preditiva**

Kardec e Nascif (2009) definem manutenção preditiva como: “atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição de desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática e através de técnicas preditivas é feito monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada”.

Ela é mais indicada para ser feita com empresas terceirizadas, especializadas na parte específica do equipamento analisado (QUEIROZ, 2015).

### **2.6.5 Manutenção autônoma**

Queiroz define assim, ”A Manutenção Autônoma é a intervenção feita pelo operador direto do equipamento. São as limpezas, lubrificações e reapertos básicos da máquina”. Ou seja, as tarefas que o próprio operador de determinada máquina pode realizar nos intervalos dos serviços.

### **3. Metodologia.**

Para a elaboração da proposta do plano de manutenção na gráfica foi utilizado o método de pesquisa exploratória com uma análise de dados qualitativos. Pois para poder tirar conclusões viáveis do estudo da manutenção das máquinas, foi necessária a utilização de técnicas, critérios e métodos exploratórios (CERVO e SILVA, 2006).

Inicialmente, após identificar que a parada das máquinas devido às falhas era um dos principais motivos dos atrasos nas entregas, foi realizada uma pesquisa nos principais anais e livros na área de gestão da manutenção com o intuito de se aprofundar no tema e abranger um grande conhecimento na área.

A partir disso foi possível seguir com o projeto, primeiramente partindo de observação de como funciona a manutenção no dia a dia dentro da empresa e depois, através de entrevistas com os responsáveis pela manutenção e com os gestores, anotou-se todas as informações consideradas relevantes para poder direcionar o projeto de acordo com a necessidade encontrada. Também foram checados os dados provenientes do apontamento de produção, onde constam as paradas e máquina e tempo em produção.

Com isso, foram listadas as principais máquinas e os fluxogramas dos produtos mais recorrentes da empresa para poder atuar com o plano de manutenção. Essa escolha foi baseada em uma ferramenta própria para isso, o Diagrama de Pareto (figura 5). Com as máquinas e processos já determinados, foi realizado um estudo e foi aplicado de um novo questionário com os responsáveis para conhecer quais eram as falhas mais comuns que ocorrem com cada equipamento (tabela 11).

Após isso, foi entregue ao mantenedor uma ficha de manutenção corretiva para que pudessem ser coletados os dados necessários, como a frequência da ocorrência das falhas, para a realização do cálculo da confiabilidade dos equipamentos e dos principais processos. Para o cálculo da confiabilidade dos processos, foi necessária a identificação de quais equipamentos estão em série e quais estão em paralelo para aplicar as respectivas fórmulas. Nestes cálculos foram utilizados dados já existentes no apontamento de produção.

Após o entendimento das confiabilidades de máquinas e processos, foi calculado o período necessário para realizar a manutenção preventiva para cada equipamento, adotando 95% de confiabilidade. Isso foi realizado para poder saber de quanto em quanto tempo que deve realizar uma manutenção em cada uma das máquinas para que elas não falhem.

Em seguida, foram aplicados os dois pilares da TPM de manutenção autônoma e manutenção planejada de acordo com as pesquisas e coletas de informações realizadas

anteriormente, elaborando novos documentos e planilhas para os responsáveis pelo setor lidarem. Os documentos devem conter o planejamento de manutenção preventiva para cada um destes equipamentos estudados, além de fichas que deverão ser preenchidas pelos mantenedores quando realizarem qualquer tipo de manutenção e pelos operadores para as vistorias realizadas diariamente e quando encontrarem alguma inconformidade na máquina.

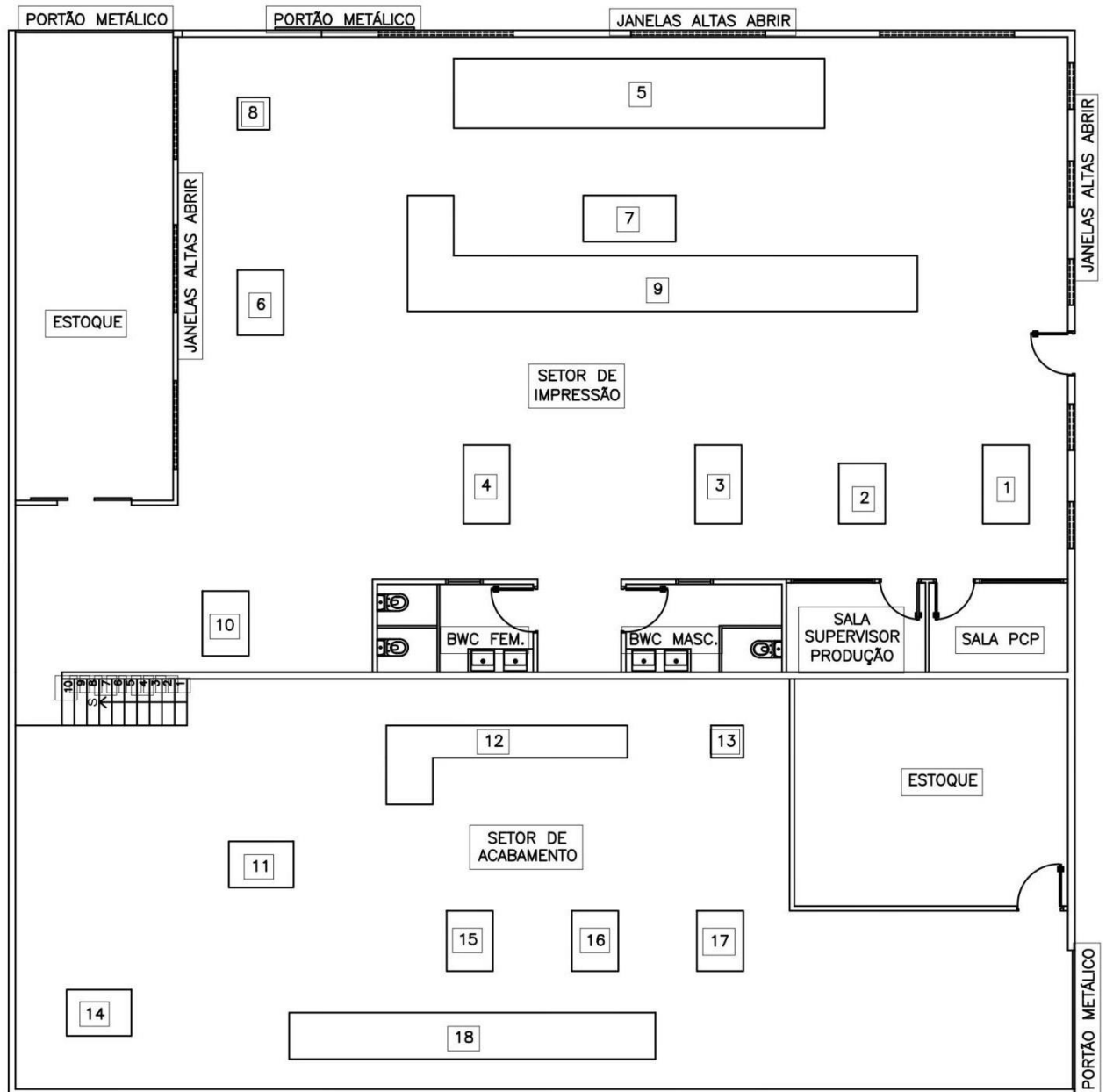
Por fim, será proposto o plano de manutenção para empresa em estudo com todas as atividades anteriormente realizadas para ter o fundamento correto da prática dessa metodologia.

## **4. Resultados**

### **4.1 Layout do processo**

Para poder identificar cada máquina que será estudada na empresa foi elaborado um layout simplificado com os dois setores da gráfica, o setor de impressão e de acabamento, para uma melhor visualização da distribuição dos equipamentos, seguido da descrição das principais funções de cada um deles. O layout pode ser visto na figura 3.

Figura 3 - Layout simplificado do setor produtivo da gráfica



**PLANTA BAIXA GRÁFICA**

ESCALA 1:150

EQUIPAMENTOS			
1	IMPRESSORA SM - 52	10	GUILHOTINA 1
2	IMPRESSORA GTO	11	GUILHOTINA 1
3	IMPRESSORA SormZ	12	ALCEADEIRA GRAMPO
4	IMPRESSORA ZP - 102	13	HOT STAMPING
5	IMPRESSORA SM - 102	14	PLASTIFICADORA
6	DOBRADEIRA ROTARY	15	CORTE E VINCO MANUAL
7	DOBRADEIRA FACÃO	16	CORTE E VINCO SBB 54x72
8	DOBRADEIRA TK - 49	17	CORTE E VINCO SDB 64x90
9	PANDA	18	BOBST

Fonte 3 - Autoria própria (2018)

Descrição das principais funções de cada um dos equipamentos do setor de impressão referentes à figura 3:

1 – Impressora SM-52: ela é responsável pela impressão dos materiais. Para isso, devem ser inseridas as chapas de impressão para que a impressora imprima igual está desenhado na chapa. Nela é possível imprimir com quatro cores de uma vez.

2 – Impressora GTO: ela é responsável pela impressão dos materiais. Para isso, devem ser inseridas as chapas de impressão para que a impressora imprima igual está desenhado na chapa. Nela é possível imprimir com uma cor por vez.

3 – Impressora SormZ: ela é responsável pela impressão dos materiais. Para isso, devem ser inseridas as chapas de impressão para que a impressora imprima igual está desenhado na chapa. Nela é possível imprimir com duas cores de uma vez.

4 – Impressora ZP-102: ela é responsável pela impressão dos materiais. Para isso, devem ser inseridas as chapas de impressão para que a impressora imprima igual está desenhado na chapa. Nela é possível imprimir com duas cores de uma vez.

5 – Impressora SM-102: ela é responsável pela impressão dos materiais. Para isso, devem ser inseridas as chapas de impressão para que a impressora imprima igual está desenhado na chapa. Nela é possível imprimir com oito cores de uma vez.

6 – Dobradeira Rotary: ela é responsável pela dobra dos materiais que acabaram de serem impressos, sendo reguladas de acordo com o tamanho correto.

7 – Dobradeira Facão: ela é responsável pela dobra dos materiais que acabaram de serem impressos, sendo reguladas de acordo com o tamanho correto.

8 – Dobradeira TK-49: ela é responsável pela dobra dos materiais que acabaram de serem impressos, sendo reguladas de acordo com o tamanho correto. Porém ela serve apenas para a dobra de folders.

9 – Panda: ela é responsável pela intercalação dos miolos de livros para ordená-los, além disso, ela também realiza a colagem das capas aos materiais.

10 – Guilhotina 1: ela é responsável pelo corte inicial dos papeis no tamanho ideal para que possam ser encaminhados para as impressoras.

Descrição das principais funções de cada um dos equipamentos do setor de acabamento referentes à figura 3:

11 – Guilhotina 2: ela é responsável pelo corte final das rebarbas dos materiais para deixar na forma ideal.

12 – Alceadeira Grampo: ela é responsável pela intercalação dos miolos de revistas para ordená-los, além disso, ela também grampeia as capas aos materiais.

13 – Hot Stamping: ela é responsável por dar relevo a e brilho a partes que devam ser destacadas principalmente em capa de livros, certificados ou caixas de embalagens.

14 – Plastificadora: ela serve para revestir os materiais para aumentar sua conservação e qualidade.

15 – Corte e Vinco Manual: ela serve para definir formatos e marcar dobras principalmente de caixas e capas de livros. Para isso, deve-se colocar uma faca moldada especificamente para cada material. O operador deve ficar inserindo os materiais continuamente durante a operação.

16 – Corte e Vinco SBB 54x72: ela serve para definir formatos e marcar dobras principalmente de caixas e capas de livros. Para isso, deve-se colocar uma faca moldada especificamente para cada material. Ela funciona de forma automática.

17 – Corte e Vinco SDB 64x90: ela serve para definir formatos e marcar dobras principalmente de caixas e capas de livros. Para isso, deve-se colocar uma faca moldada especificamente para cada material. Ela funciona de forma automática.

18 – Bobst: ela serve para realizar a colagem de caixas de embalagens para que elas possam ganhar a forma necessária.

## **4.2 Fluxograma do processo**

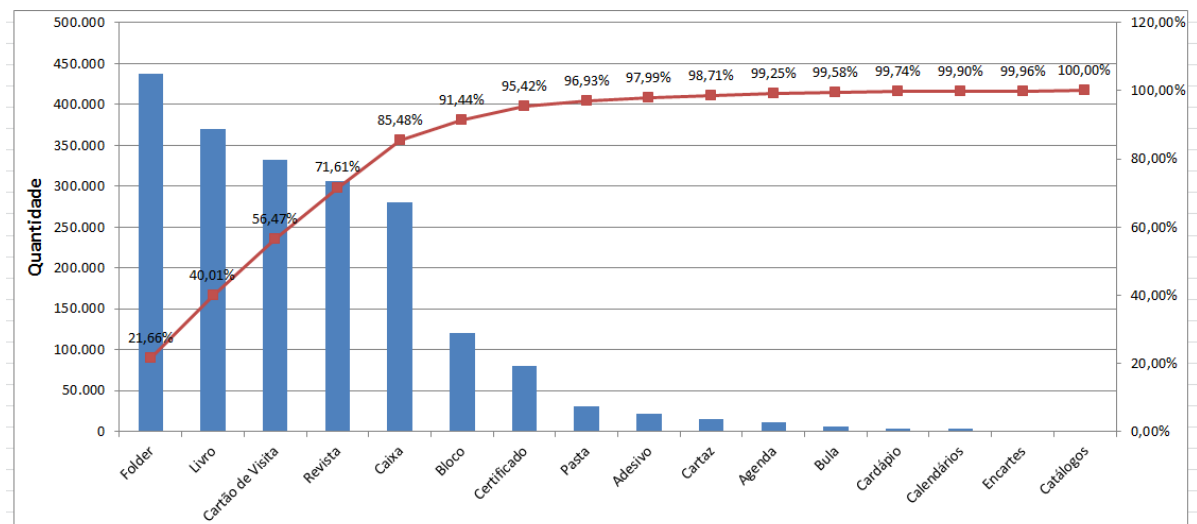
Como na gráfica existem muitos produtos diferentes, como por exemplo, livros, revistas, cartões, folders, caixas, pastas, adesivos, certificados entre outros e para cada um deles o fluxo do processo é diferente, foi elaborado um Diagrama de Pareto com base em uma coleta de dados através de uma pesquisa no software que a empresa utiliza com um intervalo de tempo definido de quatro meses (entre 01/04/2018 e 31/07/2018), onde foi listada a quantidade produzida de cada material dentro desse período. Os dados coletados e o gráfico podem ser observados na tabela 1 e o diagrama de Pareto resultante no gráfico 1.

Tabela 1 - Quantidade de produtos na gráfica

Produtos	Quantidade	Percentual	Percentual Acumulado
Folder	437.200	21,66%	21,66%
Livro	370.338	18,35%	40,01%
Cartão de Visita	332.300	16,46%	56,47%
Revista	305.540	15,14%	71,61%
Caixa	280.102	13,88%	85,48%
Bloco	120.340	5,96%	91,44%
Certificado	80.242	3,98%	95,42%
Pasta	30.506	1,51%	96,93%
Adesivo	21.360	1,06%	97,99%
Cartaz	14.550	0,72%	98,71%
Agenda	10.980	0,54%	99,25%
Bula	6.640	0,33%	99,58%
Cardápio	3.239	0,16%	99,74%
Calendários	3.200	0,16%	99,90%
Encartes	1.231	0,06%	99,96%
Catálogos	745	0,04%	100,00%
TOTAL	2.018.513		

Fonte 1 - Autoria própria (2018)

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto dos produtos da gráfica



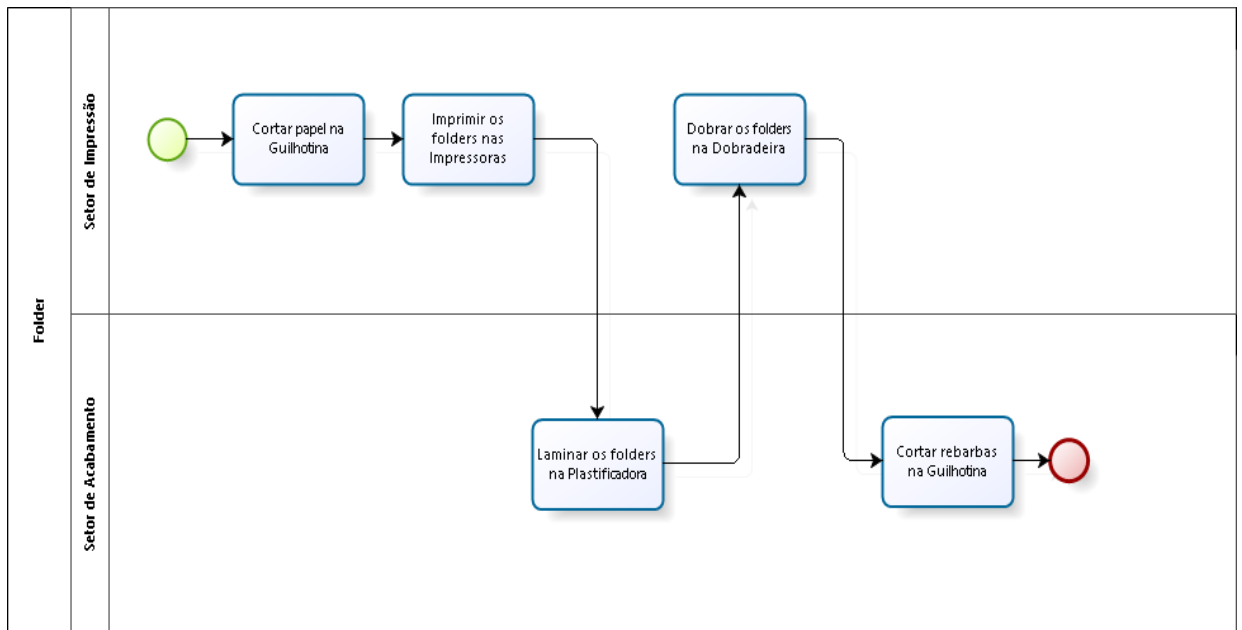
Fonte 1 - Autoria própria (2018)

Com base no gráfico, pode-se concluir que os produtos com mais representatividade na empresa são: folder, livro, cartão de visita, revista e caixa, que representam 85,48% da produção total. Portanto foram elaborados os fluxogramas do processo apenas para esses cinco produtos, servindo para melhor entendimento e visualização das etapas produtivas através do software Bizagi Modeler.

O fluxograma de cada um deles pode ser observado nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

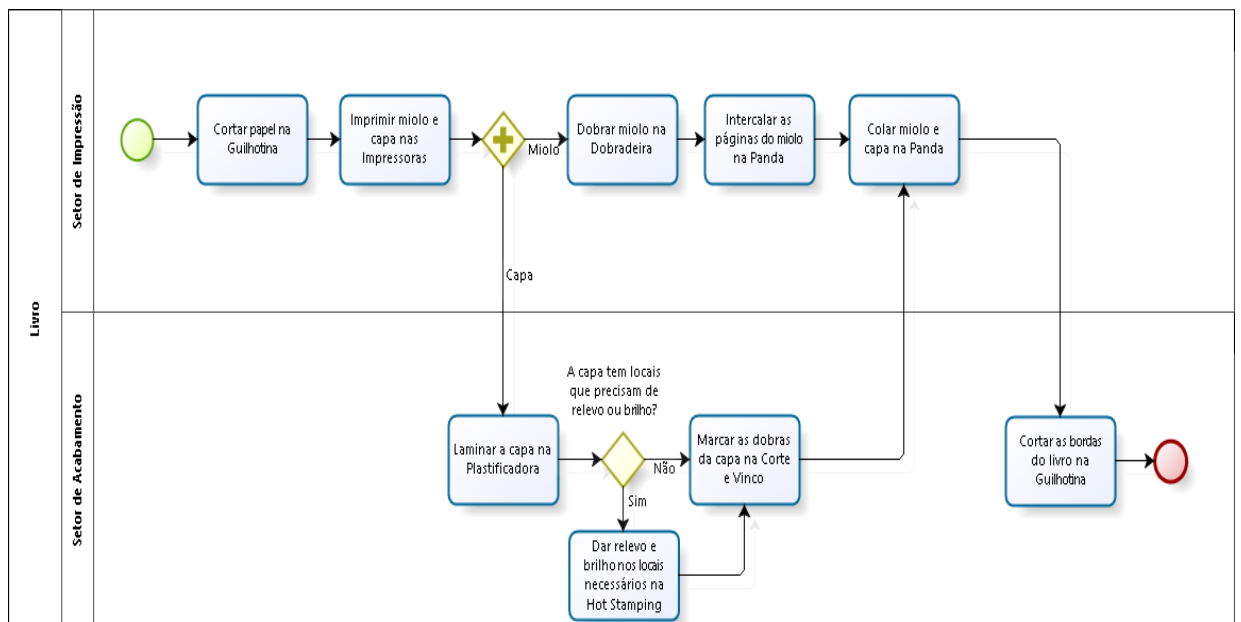


Figura 4 - Fluxograma de folder



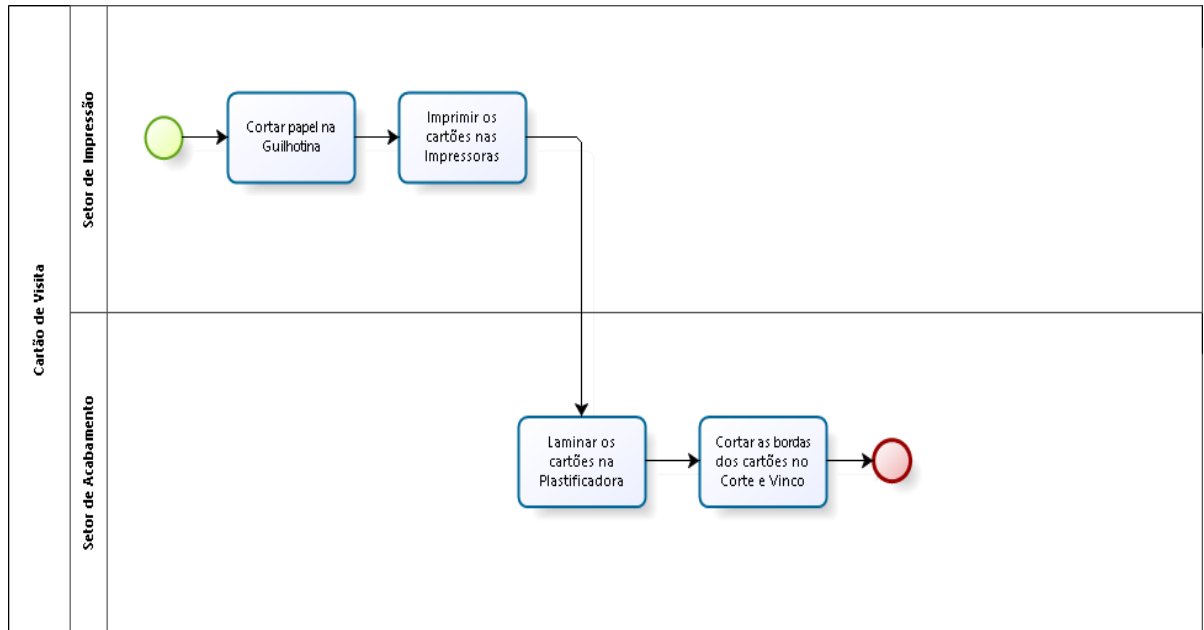
Fonte 4 - Autoria própria (2018)

Figura 5 - Fluxograma de livro



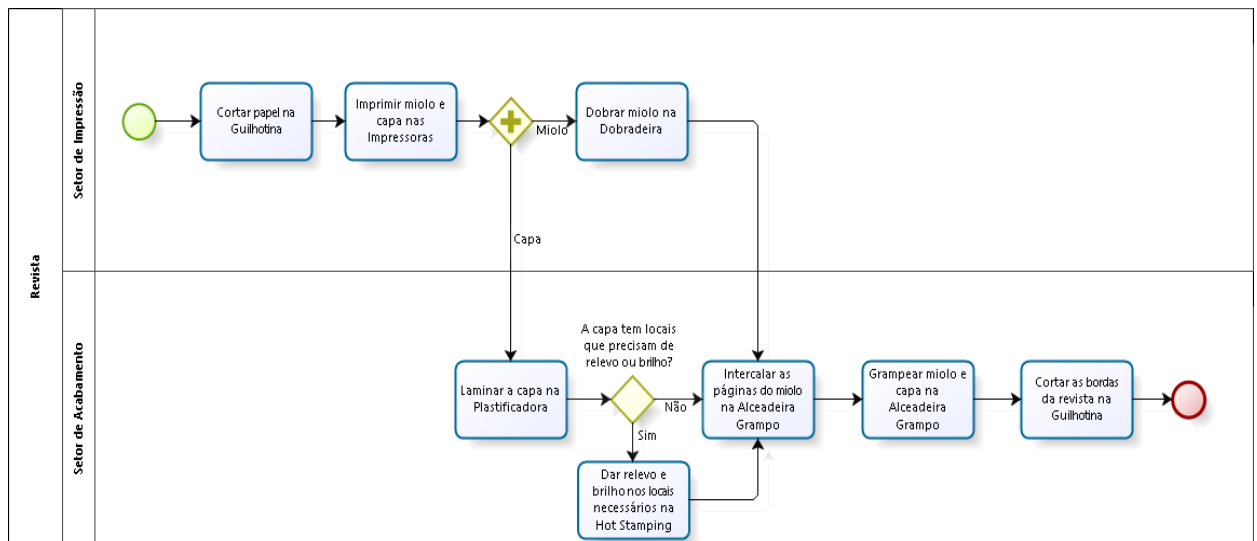
Fonte 5 - Autoria própria (2018)

Figura 6 - Fluxograma de cartão de visita



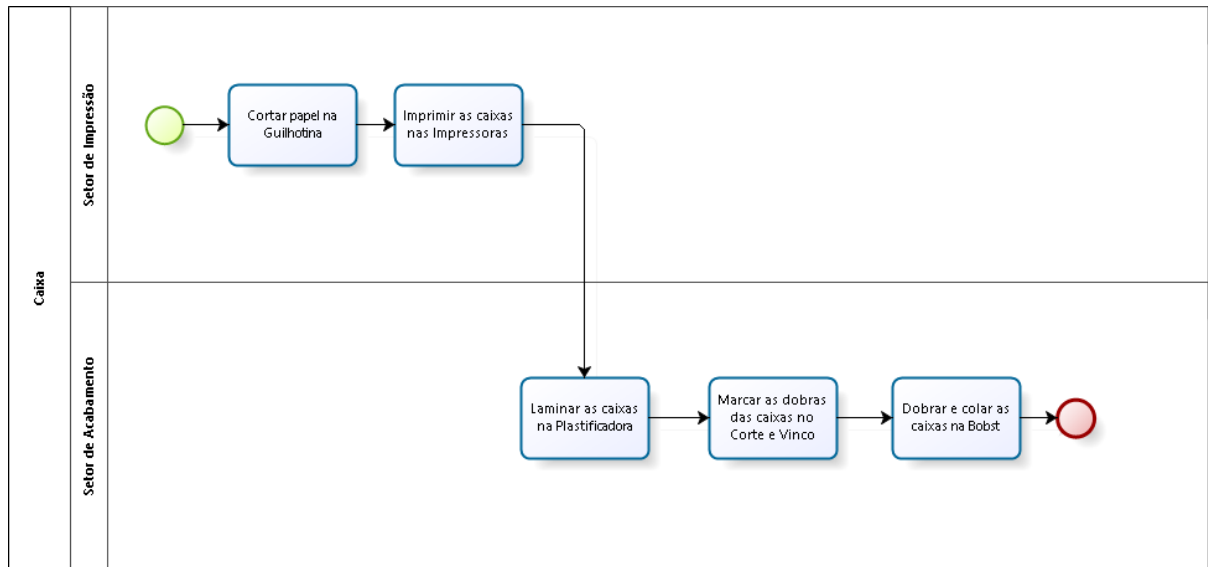
Fonte 6 - Autoria própria (2018)

Figura 7 - Fluxograma de revista



Fonte 7 - Autoria própria (2018)

Figura 8 - Fluxograma de caixa



Fonte 8 - Autoria própria (2018)

### 4.3 Falhas comuns dos equipamentos

Com as máquinas e os principais fluxos da empresa definidos, foram realizadas entrevistas com o gestor, os mantenedores e os principais operadores para que fossem identificadas as falhas mais frequentes de cada equipamento dos dois setores envolvidos na gráfica para que se possibilite o entendimento de onde estão os principais pontos que devem ter uma atenção especial para cada máquina.

Portanto foi elaborada uma tabela com essas falhas listadas para cada tipo de equipamento, podendo ser visualizada na tabela 2.

Tabela 2 - Tabela das falhas mais frequentes para cada tipo de equipamento

Equipamentos	Falhas mais comuns
Impressoras	Rolamento de rolo danificado Problemas pneumáticos (pistão) Pressão do rolo da água na chapa
Panda	Rolamento da esteira danificado Correia quebrada Falha elétrica (contactor) Cola esquentada
Dobradeiras	Esteira com problema Correia quebrada Travas de engate frouxas Falha elétrica Problema no sensor de parada
Plastificadora	Mangueira de ar danificada Problema no ar comprimido (pneumático)
Corte e Vinco	Pinça com problema Dano na bucha
Bobst	Problema no ar comprimido (pneumático) Problema no rolamento
Guilhotinas	Problema na bomba de ar Rolamento danificado Falha do sistema
Alceadeira	Faca gasta Correia quebrada

Fonte 2 - Autoria própria (2018)

Em seguida, foi elaborada uma ficha de manutenção corretiva para ser entregue para o mantenedor de modo que ele possa preenchê-la sempre que houver a necessidade de realizar alguma intervenção em um equipamento que apresentou algum tipo de defeito. Isso é importante para que se possam confirmar quais as falhas mais frequentes para cada máquina e identificar sua frequência de quebra. Esses dados após lançados e compilados são úteis para replanejar constantemente o processo de manutenção, recalculando as frequências e definindo a quantidade de peças de reposição em estoque. Esse documento está demonstrado nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - Frente da ficha de manutenção corretiva

<b>Ficha de Execução</b>					
Setor.....				Data.....	
Equipamento.....			Conjunto.....		
Inspeção.....			Parada de Produção		
Trabalho a realizar.....			Natureza de Avaria		
Trabalho realizado.....			Causa de Avaria		
	Prevista	Realizada	Parada de Produção	Visto	

Fonte 9 - Autoria própria (2018)

Figura 10 - Verso da ficha de manutenção corretiva

<b>Ficha de Execução</b>				
Nome	Data	Início	Término	Duração

Fonte 10 - Autoria própria (2018)

#### **4.4 Confiabilidade dos equipamentos**

Com uma coleta de dados entre 01/04/2018 e 31/07/2018 (período de 4 meses) através do software da empresa onde ficam armazenados os dados de apontamentos de produção, foi levantado o número de falhas que ocorreram nesse intervalo de tempo para cada equipamento e a média do tempo de reparo (MTTR). Esses dados permitem o cálculo da confiabilidade de

cada um dos equipamentos analisados na empresa. Conforme demonstrado na tabela 3, onde se calcula a confiabilidade do equipamento durante uma semana de uso, ou seja, 75 horas (5 dias de 15 horas). Esse período de uma semana de uso foi determinado junto à empresa devido ao interesse dos responsáveis e após alguns testes realizados durante o trabalho para ver qual período seria o mais viável.

Tabela 3 - Tabela de confiabilidade dos equipamentos atuais para uma semana de uso

Tabela de Confiabilidade dos Equipamentos										Legenda:											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J												
NÚMERO	EQUIPAMENTO	NÚMERO DE FALHAS	MTTR (minutos)	MTTR (horas)	TEMPO PERDIDO (horas)	TEMPO EFETIVO DE TRABALHO NOS 4 MESES (horas)	$\lambda$	CONFIABILIDADE R(t)	CONFIABILIDADE R(t)												
1	Impressora SM-52	10	364	6,07	60,67	1.139,33	0,0088	0,5177	51,77%	<p>Período de coleta de dados: 4 meses (de 01/04 até 31/07)</p> <p>SETOR IMPRESSÃO</p> <p>SETOR ACABAMENTO</p> <p>DADOS</p> <table border="1"> <tr> <td>CARGA HORÁRIA DIÁRIA</td> <td>15 horas</td> </tr> <tr> <td>DIAS ÚTEIS POR MÊS</td> <td>20 dias</td> </tr> <tr> <td>CARGA TOTAL MENSAL</td> <td>300 horas</td> </tr> <tr> <td>PERÍODO ESCOLHIDO (t)</td> <td>75 horas</td> </tr> <tr> <td>CONFIANÇA DETERMINADA</td> <td>95%</td> </tr> </table>		CARGA HORÁRIA DIÁRIA	15 horas	DIAS ÚTEIS POR MÊS	20 dias	CARGA TOTAL MENSAL	300 horas	PERÍODO ESCOLHIDO (t)	75 horas	CONFIANÇA DETERMINADA	95%
CARGA HORÁRIA DIÁRIA	15 horas																				
DIAS ÚTEIS POR MÊS	20 dias																				
CARGA TOTAL MENSAL	300 horas																				
PERÍODO ESCOLHIDO (t)	75 horas																				
CONFIANÇA DETERMINADA	95%																				
2	Impressora GTO	4	283	4,72	18,87	1.181,13	0,0034	0,7757	77,57%												
3	Impressora SormZ	5	136	2,27	11,33	1.188,67	0,0042	0,7294	72,94%												
4	Impressora ZP-102	11	31	0,52	5,68	1.194,32	0,0092	0,5012	50,12%												
5	Impressora SM-102	3	33	0,55	1,65	1.198,35	0,0025	0,8288	82,88%												
6	Dobradeira Rotary	5	153	2,55	12,75	1.187,25	0,0042	0,7292	72,92%												
7	Dobradeira Facão	4	253	4,22	16,87	1.183,13	0,0034	0,7760	77,60%												
8	Dobradeira TK-49	2	179	2,98	5,97	1.194,03	0,0017	0,8819	88,19%												
9	Panda	18	195	3,25	58,50	1.141,50	0,0158	0,3065	30,65%												
10	Guilhotina 1	1	170	2,83	2,83	1.197,17	0,0008	0,9393	93,93%												
11	Guilhotina 2	1	180	3,00	3,00	1.197,00	0,0008	0,9393	93,93%												
12	Alceadeira Grampo	3	348	5,80	17,40	1.182,60	0,0025	0,8267	82,67%												
13	Hot Stamping	0	0	0,00	0,00	1.200,00	0,0000	1,0000	100,00%												
14	Plastificadora	2	83	1,38	2,77	1.197,23	0,0017	0,8822	88,22%												
15	Corte e Vinco Manual	2	176	2,93	5,87	1.194,13	0,0017	0,8820	88,20%												
16	Corte e Vinco SBB 54x72	1	105	1,75	1,75	1.198,25	0,0008	0,9393	93,93%												
17	Corte e Vinco SDB 64x90	1	116	1,93	1,93	1.198,07	0,0008	0,9393	93,93%												
18	Bobst	4	37	0,62	2,47	1.197,53	0,0033	0,7784	77,84%												

Fonte 3 - Autoria própria (2018)

As fórmulas utilizadas para a realização dos cálculos na tabela 3 são descritas através da nomenclatura das colunas (E, F, G, H, I e J).

Para obter os valores de MTTR em horas (Coluna E) foi feita a razão de MTTR em minutos (Coluna D) por 60 para poder transformar o MTTR de minutos para horas, conforme a fórmula abaixo:

$$MTTR \text{ em horas} = \frac{MTTR \text{ em minutos}}{60}$$

Para obter os valores do tempo perdido durante esse período (Coluna F), foi realizada a multiplicação do número de falhas nos quatro meses (Coluna C) com o MTTR em horas (Coluna E), segue abaixo a fórmula utilizada:

$$Tempo \text{ perdido} = \text{Número de falhas} \times MTTR \text{ em horas}$$

Para calcular o tempo efetivo de trabalho nos quatro meses (Coluna G) foi primeiramente multiplicado a carga horária total mensal (300 horas) pelo período de coleta de dados (4 meses) e em seguida foi subtraído pelo tempo perdido por falhas (Coluna F). Com isso, segue abaixo a fórmula:

$$\text{Tempo efetivo} = (300 \times 4) - \text{Tempo perdido}$$

A taxa de falha ( $\lambda$ ) (Coluna H) foi calculada através da razão do número de falhas (Coluna C) pelo tempo efetivo de trabalho (Coluna G), conforme a fórmula abaixo:

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Tempo efetivo de trabalho}}$$

A confiabilidade (Coluna I) foi obtida através do exponencial do produto de -1, da taxa de falha ( $\lambda$ ) (Coluna H) e o período escolhido para o cálculo (75 horas), segue a fórmula abaixo:

$$\text{Confiabilidade} = e^{-(\lambda \times 75)}$$

Por fim, foi transformado o valor da confiabilidade (Coluna I) em porcentagem (Coluna J).

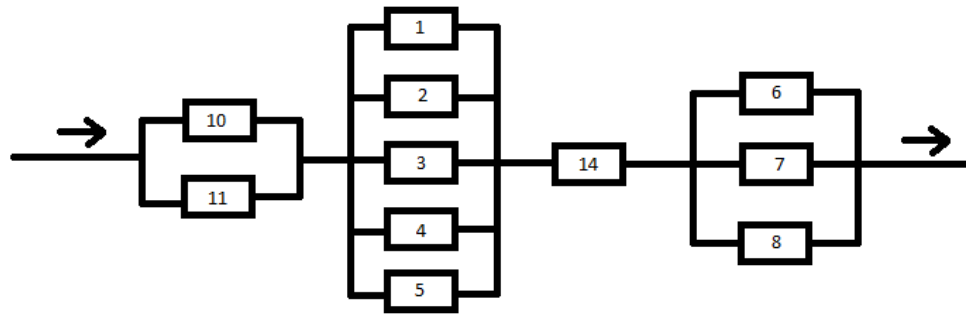
Com as fórmulas descritas e explicadas, pode-se observar na planilha demonstrada na figura 14 que o equipamento com maior confiabilidade é o Hot Stamping com 100%, pois não apresentou nenhuma quebra durante o período analisado e o com menor confiabilidade é a Panda com 30,65%, com 18 falhas no mesmo período. Os cálculos foram realizados considerando a realidade da empresa, com carga horária diária de 15 horas e de 5 dias de trabalho por semana, ou seja, 20 dias úteis por mês, portanto ao todo resultam 300 horas trabalhadas por mês.

#### **4.5 Confiabilidade dos materiais**

Após o cálculo da confiabilidade de cada equipamento, foi possível calcular a confiabilidade para produzir cada um dos principais produtos da empresa definidos anteriormente pelo Diagrama de Pareto.

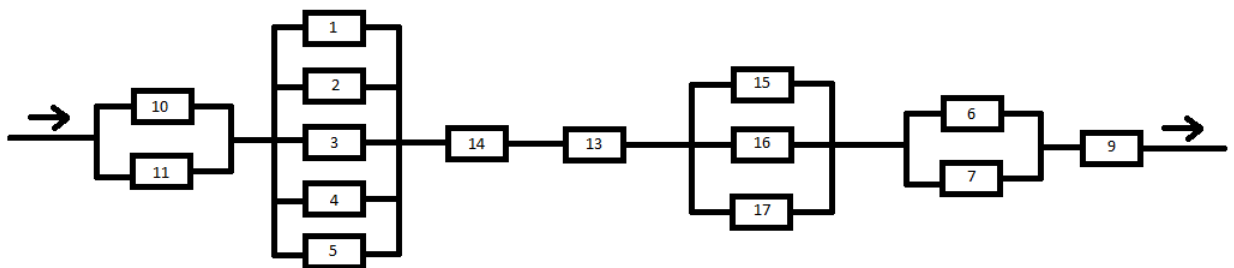
Esse cálculo se baseia nos fluxogramas dos processos demonstrados nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, onde foram definidos os equipamentos que necessitam ser utilizados para se fazer cada material bem como suas respectivas relações (serie ou paralelo). Eles também permitem a identificação de quais equipamentos se encontram em série e quais se encontram em paralelo. Então foi elaborado um diagrama para cada produto para melhor visualização. Eles se encontram nas figuras 11, 12, 13, 14 e 15, onde para a representação dos equipamentos foi utilizado o número dado a eles na tabela 3.

Figura 11 - Diagrama de séries e paralelos para o folder



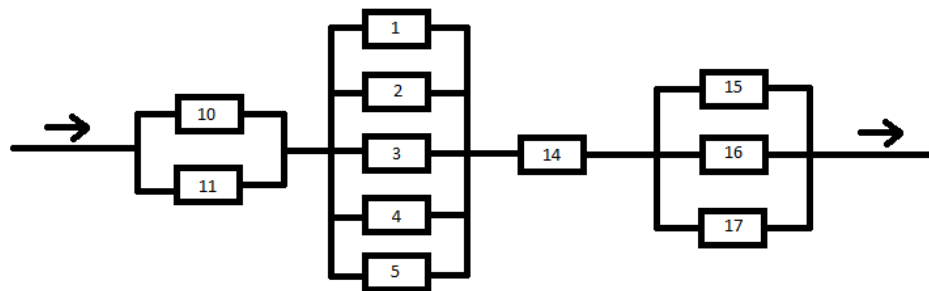
Fonte 11 - Autoria própria (2018)

Figura 12 - Diagrama de séries e paralelos para o livro



Fonte 12 - Autoria própria (2018)

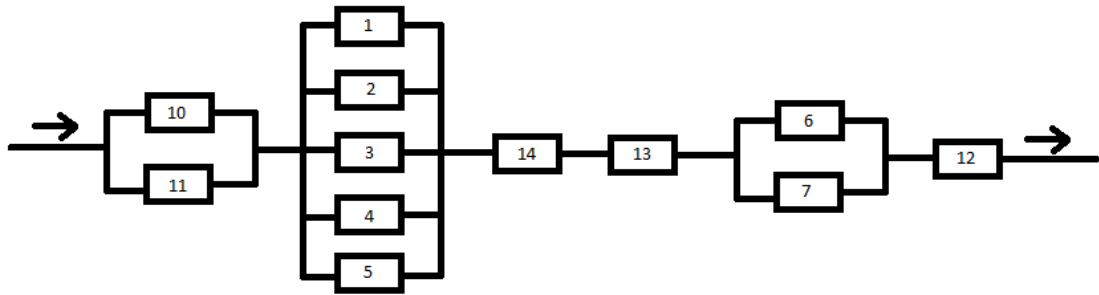
Figura 13 - Diagrama de séries e paralelos para o cartão de visita



Fonte 13 - Autoria própria (2018)

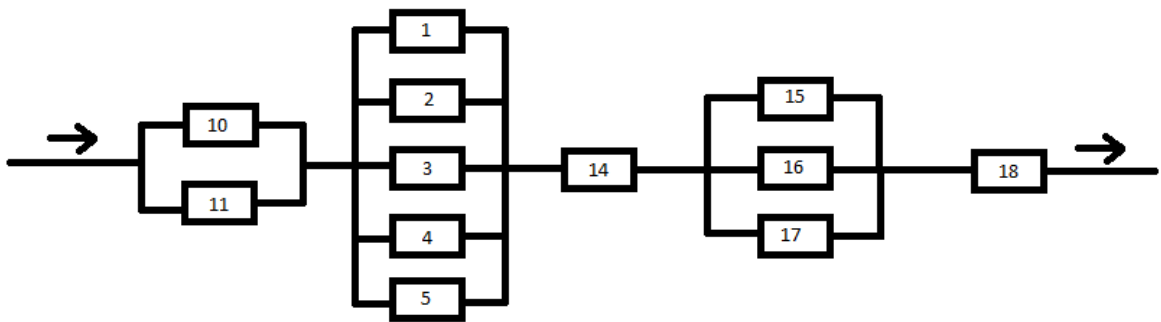


Figura 14 - Diagrama de séries e paralelos para a revista



Fonte 14 - Autoria própria (2018)

Figura 15 - Diagrama de séries e paralelos para a caixa



Fonte 15 - Autoria própria (2018)

Com os processos necessários e os tipos de sistema (série ou paralelo) definidos, foram finalmente feitos os cálculos das confiabilidades para a produção de cada um dos principais produtos, levando em consideração uma semana de funcionamento, como podem ser vistos nas tabelas 4, 5, 6, 7 e 8.

Para os equipamentos que se encontram em série foi utilizada a equação:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n Ri = R1 \times R2 \times \dots \times Rn \quad eq. (7)$$

Já para os equipamentos que se encontram em paralelo foi utilizada a equação:

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Ri) = (1 - R1) \times (1 - R2) \times \dots \times (1 - Rn) \quad eq. (8)$$

Tabela 4 - Confiabilidade para a produção de folder

Confiabilidade para a produção de Folder $R_f(t)$					
PROCESSO	EQUIPAMENTO	R(t) EQUIPAMENTO	R(t) PROCESSO	$R_f(t)$	$R_f(t)$
Guilhotinas	10	0,9393	0,9963	0,8705	87,05%
	11	0,9393			
Impressoras	1	0,5177	0,9975		
	2	0,7757			
	3	0,7294			
	4	0,5012			
	5	0,8288			
Plastificadora	14	0,8822	0,8822		
Dobradeiras	6	0,7292	0,9928		
	7	0,7760			
	8	0,8819			

Fonte 4 - Autoria própria (2018)

De acordo com a tabela 4, a confiabilidade obtida para se produzir um folder foi de 87,05%, ou seja, resultou em um valor bom. Isso pode ser explicado, pois a maioria de seus equipamentos se encontra em paralelo com outros, com exceção da máquina 14 (Plastificadora), porém ela possui uma confiabilidade alta.

Tabela 5 - Confiabilidade para a produção de livro

Confiabilidade para a produção de Livro $R_l(t)$					
PROCESSO	EQUIPAMENTO	R(t) EQUIPAMENTO	R(t) PROCESSO	$R_l(t)$	$R_l(t)$
Guilhotinas	10	0,9393	0,9963	0,2523	25,23%
	11	0,9393			
Impressoras	1	0,5177	0,9975		
	2	0,7757			
	3	0,7294			
	4	0,5012			
	5	0,8288			
Plastificadora	14	0,8822	0,8822		
Hot Stamping	13	1,0000	1,0000		
Corte e Vinco	15	0,8820	0,9996		
	16	0,9393			
	17	0,9393			
Dobradeiras	6	0,7292	0,9393		
	7	0,7760			
Panda	9	0,3065	0,3065		

Fonte 5 - Autoria própria (2018)

De acordo com a tabela 5, a confiabilidade obtida para se produzir um livro foi de 25,23%, ou seja, um valor muito baixo. Porém isso se explica, pois para produzi-lo é necessário a utilização da máquina 9 (Panda) que possui o menor índice de confiabilidade dentre todos os equipamentos e não possui outra máquina em paralelo com ela.

Tabela 6 - Confiabilidade para a produção de cartão de visita

Confiabilidade para a produção de Cartão de Visita $R_{cv}(t)$					
PROCESSO	EQUIPAMENTO	R(t) EQUIPAMENTO	R(t) PROCESSO	$R_{cv}(t)$	$R_{cv}(t)$
Guilhotinas	10	0,9393	0,9963	0,8764	87,64%
	11	0,9393			
Impressoras	1	0,5177	0,9975		
	2	0,7757			
	3	0,7294			
	4	0,5012			
	5	0,8288			
Plastificadora	14	0,8822	0,8822		
Corte e Vinco	15	0,8820	0,9996		
	16	0,9393			
	17	0,9393			

Fonte 6 - Autoria própria (2018)

De acordo com a tabela 6, a confiabilidade obtida para se produzir um cartão de visita foi de 87,64%, ou seja, resultou em um valor bom. Isso pode ser explicado, pois a maioria de seus equipamentos se encontra em paralelo com outros, com exceção da máquina 14 (Plastificadora), porém ela possui uma confiabilidade alta.

Tabela 7 - Confiabilidade para a produção de revista

Confiabilidade para a produção de Revista $R_R(t)$					
PROCESSO	EQUIPAMENTO	R(t) EQUIPAMENTO	R(t) PROCESSO	$R_R(t)$	$R_R(t)$
Guilhotinas	10	0,9393	0,9963	0,6809	68,09%
	11	0,9393			
Impressoras	1	0,5177	0,9975		
	2	0,7757			
	3	0,7294			
	4	0,5012			
	5	0,8288			
Plastificadora	14	0,8822	0,8822		
Hot Stamping	13	1,0000	1,0000		
Dobradeiras	6	0,7292	0,9393		
	7	0,7760			
Alceadeira	12	0,8267	0,8267		

Fonte 7 - Autoria própria (2018)

De acordo com a tabela 7, a confiabilidade obtida para se produzir uma revista foi de 68,09%, ou seja, resultou em um valor razoável. Isso pode ser explicado, pois existem alguns equipamentos estão em série, abaixando a confiabilidade total.

Tabela 8 - Confiabilidade para a produção de caixa

Confiabilidade para a produção de Caixa $R_c(t)$					
PROCESSO	EQUIPAMENTO	R(t) EQUIPAMENTO	R(t) PROCESSO	$R_c(t)$	$R_c(t)$
Guilhotinas	10	0,9393	0,9963	0,6822	68,22%
	11	0,9393			
Impressoras	1	0,5177	0,9975		
	2	0,7757			
	3	0,7294			
	4	0,5012			
	5	0,8288			
Plastificadora	14	0,8822	0,8822		
Corte e Vinco	15	0,8820	0,9996		
	16	0,9393			
	17	0,9393			
Bobst	18	0,7784	0,7784		

Fonte 8 - Autoria própria (2018)

De acordo com a tabela 8, a confiabilidade obtida para se produzir uma caixa foi de 68,22%, ou seja, resultou em um valor razoável. Isso pode ser explicado, pois existem alguns equipamentos estão em série, abaixando a confiabilidade total.

Portanto pode-se perceber que o produto com maior confiabilidade é o cartão de visita com 87,64% e o de menor é o livro com 25,23%. Portanto esse último é o que exige uma maior atenção.

#### **4.6 Tempo ideal para realizar checagens preventivas nos equipamentos**

Após a obtenção das confiabilidades de todos os equipamentos e dos cinco principais produtos da gráfica calculados é possível obter a frequência necessária de intervenções de manutenção preventiva para conseguir melhorar para a confiabilidade desejada, realizando uma checagem preventiva antes do tempo previsto médio de quebra do equipamento. Portanto para a realização dos cálculos, foi estabelecido juntamente com os responsáveis da empresa que a confiabilidade desejada e viável para o trabalho é de 95% para cada um dos equipamentos. Ou seja, dentro do intervalo de verificação espera-se com 95% de confiança que não existem uma ocorrência de quebra, impactando negativamente na produção.

Essa frequência de checagem preventiva de cada um dos equipamentos pode ser observada na tabela 9.

Tabela 9 - Tabela da frequência necessária para manutenção preventiva para ter uma confiabilidade de 95%

Frequência para Manutenção Preventiva com Confiabilidade de 95%										Legenda:	
A	B	H	K	L	M	N	O	P	Q		
NÚMERO	EQUIPAMENTO	$\lambda$	PROBAB. DE 1 FALHA EM 15H	PROBAB. DE 1 FALHA EM 30H	PROBAB. DE 1 FALHA EM 45H	PROBAB. DE 1 FALHA EM 60H	PROBAB. DE 1 FALHA EM 75H	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM PREVENTIVA IMEDIATA EM DIAS	FREQUÊNCIA APÓS A REFORMA		
1	Impressora SM-52	0,0088	11,54%	-	-	-	-	NECESSITA DE REFORMA	30	Período de coleta de dados: 4 meses (de 01/04 até 31/07)	
2	Impressora GTO	0,0034	4,83%	9,18%	-	-	-	30			
3	Impressora SormZ	0,0042	5,92%	-	-	-	-	NECESSITA DE REFORMA	30		
4	Impressora ZP-102	0,0092	12,03%	-	-	-	-	NECESSITA DE REFORMA	30		
5	Impressora SM-102	0,0025	3,62%	6,97%	-	-	-	30		SETOR IMPRESSÃO	
6	Dobradeira Rotary	0,0042	5,93%	-	-	-	-	NECESSITA DE REFORMA	30	SETOR ACABAMENTO	
7	Dobradeira Facção	0,0034	4,82%	9,16%	-	-	-	30			
8	Dobradeira TK-49	0,0017	2,45%	4,78%	-	-	-	45			
9	Panda	0,0158	18,67%	-	-	-	-	NECESSITA DE REFORMA	30		
10	Guilhotina 1	0,0008	1,24%	2,44%	3,62%	4,77%	5,88%	75			
11	Guilhotina 2	0,0008	1,24%	2,44%	3,62%	4,77%	5,88%	75		DADOS	
12	Alceadeira Grampo	0,0025	3,66%	7,05%	-	-	-	30		CARGA HORÁRIA DIÁRIA	15 horas
13	Hot Stamping	0,0000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	75		DIAS ÚTEIS POR MÊS	20 dias
14	Plastificadora	0,0017	2,44%	4,77%	6,97%	-	-	45		CARGA TOTAL MENSAL	300 horas
15	Corte e Vinco Manual	0,0017	2,45%	4,78%	6,99%	-	-	45		PERÍODO ESCOLHIDO (t)	75 horas
16	Corte e Vinco SBB 54x72	0,0008	1,24%	2,44%	3,62%	4,76%	5,88%	75			
17	Corte e Vinco SDB 64x90	0,0008	1,24%	2,44%	3,62%	4,76%	5,88%	75			
18	Bobst	0,0033	4,77%	9,07%	12,93%	-	-	30		CONFIANÇA DETERMINADA	95%

Fonte 9 - Autoria própria (2018)

Para o cálculo que determinou a frequência necessária de checagem preventiva para cada equipamento encontrada na coluna P da tabela 9 foi utilizada a equação 6:

$$P(r) = \frac{(\lambda t)^r \times e^{-\lambda t}}{r!} \quad \text{eq. (6)}$$

Onde, r é o número de falhas para um dado intervalo de tempo (t),  $\lambda$  é a taxa de falhas por hora, t é o tempo expresso em horas e P(r) é a probabilidade de obter exatamente r falhas no tempo t.

Primeiramente ela foi utilizada para um tempo de 15 horas (equivalente a um dia de trabalho) para determinar qual a probabilidade do equipamento falhar uma vez durante esse período (Coluna K). Portanto as máquinas que apresentaram probabilidades maiores que 5%, ou seja, confiabilidade inferior a 95%, foram consideradas que necessitam de uma reforma imediata por não conseguirem suportar nem um dia de trabalho, tendo que realizar corretivas todos os dias.

A equação com os dados do equipamento 1 se encontra a seguir para exemplo, sendo que para os outros equipamentos foi utilizado o mesmo método.

$$P(r) = \frac{(0,00877706 \times 15)^1 \times e^{-0,00877706 \times 15}}{1}$$

$$P(r) = 11,54\%$$

Em seguida, foi utilizado o mesmo método, porém para 30 horas (equivalente a dois dias de trabalho), demonstrados na coluna L, sendo que para os equipamentos que apresentaram probabilidades de falha superior a 5% foi determinada frequência de checagem preventiva a cada 30 horas de uso. Pois esses equipamentos suportam passar 30 horas sem falhar considerando 95% de confiabilidade, em média.

Em seguida foram realizados os mesmos cálculos para 45 horas, 60 horas e 75 horas, conforme podem ser observados nas colunas M, N e O respectivamente. Onde sempre que a probabilidade de falha excedesse 5%, era definida a frequência de intervenções preventivas.

Portanto como a tabela 9 relata, cinco equipamentos se encontram em estado mais crítico, pois tem grande probabilidade de exigir manutenção corretiva todos os dias, sendo assim foi proposto uma reforma completa imediata para revigorar o equipamento como um todo. Já os outros se dividem em intervalos de necessidade de checagem preventiva entre 30 horas, 45 horas, 60 horas e 75 horas. Isso, para que todos possuam confiabilidades de 95%.

Com todos os equipamentos com intervalos determinados, elaborou-se um *checklist* de manutenção preventiva para quatro semanas (um mês) para que o mantenedor responsável possa seguir para realizar as checagens necessárias, evitando as falhas. Para os equipamentos que necessitam de reforma imediata foi considerado intervalo de 30 horas, pois seria o cenário mais conservador para iniciar as checagens preventivas após reformado o que pode-se ajustar com o tempo acompanhando-se os dados de quebra de equipamentos e o resultado das checagens periódicas.

Para isso, foram utilizadas as frequências calculadas na tabela 9 e as falhas mais comuns que se encontram na tabela 2 que são os pontos que o responsável deverá se atentar. Segue o *checklist* na figura 16.



Para o mantenedor utiliza-lo corretamente, ele deve realizar a checagem sempre que se encontrar um “X” no campo do turno (T1 ou T2) e dia para cada equipamento, sendo que após a checagem, se ele concluir que deve realizar alguma manutenção corretiva, deve preencher a ficha própria para isso (que se encontra nas figuras 9 e 10). Essa checagem preventiva deve ocorrer sempre ao final do turno em que se encontra o “X”, nunca no início ou durante. Se durante a checagem o mantenedor constatar a necessidade de trocar algum equipamento, deverá fazê-la.

## **5. Análises dos resultados**

Este trabalho foi desenvolvido sobre o caso prático objetivando propor soluções viáveis para auxiliar a empresa na gestão de seus processos industriais no que diz respeito a confiabilidade de sua linha de produção, bem como fornecendo uma maneira bastante enxuta de fazer uma gestão do processo de manutenção. Após as entrevistas iniciais com os responsáveis pelo processo percebeu-se que o volume de material a ser analisado se mostrava bastante extenso e enfoque dado com o uso do método de Pareto auxiliou o estudo de modo a priorizar o olhar do examinador. Como resultado observou-se então os casos onde se encontram os processos mais críticos (tabelas 5, 7 e 8), neles se encontram as confiabilidades mais baixas. Foi observado ainda, por meio dos cálculos pesquisados na bibliografia e aplicados nas tabelas 3 e 9, bem como da forma de interação entre os equipamentos na linha (em série ou em paralelo), que a baixa confiabilidade de algumas linhas poderia ser contornada tomando-se ações imediatas em conjunto com ações de rotina. Foi proposta então a revitalização imediata de equipamentos com baixíssima confiabilidade (tabela 9, linhas 1, 3, 4, 6 e 9) para que em seguida estes pudessem se enquadrar juntamente com os demais em um plano de manutenção preventiva que visa manter os equipamentos funcionando com mais confiabilidade de modo a diminuir as quebras de planejamento que ocorrem devido a grande quantidade de manutenções corretivas não planejadas. Como resultado final o *checklist* desenvolvido visa propor uma forma de acompanhamento constante dos equipamentos. A periodicidade de checagem de cada equipamento foi determinada por meio de cálculo probabilístico demonstrado na bibliografia onde foi adotado um nível de confiança de 95% para a possibilidade de não haver falhas dentro do período determinado (conforme tabela 9), ou seja, probabilidades de falha maior que 5% foram enquadradas em outra faixa. Adotou-se também que não é viável que se espere falhas de qualquer natureza todos os dias. Com isso foram elencadas as periodicidades de checagem que podem ser vistos *checklist* da figura 16.



É importante salientar que o processo de gestão da manutenção é sempre dinâmico e neste caso em questão, a própria retroalimentação dos dados nas planilhas, do *checklist* e da ficha de manutenção corretiva resultará em revisão constante das ações, bem como do preenchimento de nova periodicidade de *checklist* para um novo ciclo de quatro semanas, objetivando melhoria contínua.

## Referências

- AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2008. v. 25, n. 7, p. 709–756.
- ALMEIDA, A. T. **Engenharia de manutenção**. Recife, Notas de Aulas na UFPE, 1997.
- CAVALCANTE, C. A. V. **Modelos multicritério de apoio a decisão para manutenção preventiva baseados no método Promethee**. Tese (Mestrado), 2003.
- CERVO, A. L.; SILVA, R.D. **Metodologia científica**. 6 ed. Pearson, 2006.
- FIELD CONTROL. **O que é gestão da manutenção e porque você deve fazer na sua empresa**. Disponível em: <<https://fieldcontrol.com.br/blog/processos/o-que-e-gestao-manutencao/>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J.L.D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus Elsevier. 2009.
- Glasser, G.J. (1969). **Planned Replacement: Some Theory and its Application**. **Journal of Quality Technology**, 1(2), 110-119.
- HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993. 343 p.
- JESUS, Sergio Manoel Gaião. **Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade. Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) - Lisboa, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2029/1/Dissertação%20.pdf>. Acessado em 20 de junho de 2013.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Eletrônica Abreu's System, 2002.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.
- NAKAJIMA, S. **La Maintenance Productive Totale (TPM)**. Traduzido do japonês por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez, Afnor, Paris, France, 1989.
- NASCIMENTO, Rodrigo Coutinho. **Manutenção Produtiva Total – Uma abordagem teórica**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora) - Juiz de Fora: UFJF, 2006.

O'CONNOR, P.; KLEYNER, A. **Practical Reliability Engineering**. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 5ª ed., 2012.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. 20ª ed. Curitiba: IBPEX, 2007.

QUEIROZ, L. M. A. **Planejamento e controle da manutenção aplicados ao processo de manufatura no ramo alimentício**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção. Fortaleza, CE, out, 2015.

ROSA, Gersa De Oliveira. **Estudo de Caso Sobre A Implantação do Sistema Manutenção Produtiva Total na Indústria de Fios de Seda Cocamar, no Período de 2004 a 2005**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá) - Maringá: UEM, 2005.

SCAPIN, C. A. **Análise sistêmica de falhas**. 2ª. ed.. Belo Horizonte: Editora Falconi, 2013.

SEBRAC. **Critérios de classificação de empresas**. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acesso em: 26 set. 2018.

SEIXAS, Eduardo de Santana. **Determinação do intervalo ótimo para manutenção: preventiva, preditiva e detectiva**. Reliasoft Brasil. São Paulo, SP. 2008.

SELLITTO, M. A. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**. Revista Produção, v. 15, n. 1, 2005.

SILVA, E. C.; SILVA FILHO, C. B. **Aplicação integrada da fmea e da metodologia bpmn para elaboração de melhorias no serviço: estudo de caso em uma empresa do setor de food service**. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, SC, out, 2017.

SINGH, R. et al. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. **Procedia Engineering**, 2013. v. 51, n. NUiCONE 2012, p. 592–599.

SLACK, N. et. al. **Administração da Produção**. Editora Atlas S.A, SP, 2009.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T.; **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto Iman, 2010.