

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Rodrigo Dias Rezende**

**ANÁLISE DE FALHAS EM UMA LINHA DE PRENSAS  
DEVIDO A *TOOLINGS***

**Taubaté – SP**

**2017**

**RODRIGO DIAS REZENDE**

**ANÁLISE DE FALHAS EM UMA LINHA DE PRENSAS  
DEVIDO A *TOOLINGS***

Trabalho de graduação apresentado para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica Departamento de  
Engenharia Mecânica Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando SA Porto

**Taubaté**

**2017**

## RODRIGO DIAS REZENDE

### ANÁLISE DE FALHAS EM UMA LINHA DE PRENSAS DEVIDO A *TOOLINGS*

Trabalho de graduação apresentado para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica Departamento de  
Engenharia Mecânica Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Porto

Data: 24/11/2017

Resultado: APROVADO

#### BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Porto

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

R467a Rezende, Rodrigo Dias  
Análise de falhas em uma linha de prensas devido a  
toolings. / Rodrigo Dias Rezende. - 2017.  
40f. : il; 30 cm.  
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2017  
Orientador: Prof. Dr. Fernando Silva de Araújo Porto,  
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.  
1. Manutenção 2. Toolings. 3. Análise de falhas. 4.  
Diagrama de Ishikawa. 5. PDCA. I. Título.

*Dedico este trabalho aos meus familiares que me apoiaram em todos os momentos, aos meus colegas de trabalho que colaboraram para que o objetivo deste fosse atingido e principalmente a minha noiva Dantiele Maria da C. Brasil que sempre está ao meu lado me incentivando.*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço aos meus professores, que contribuíram para o desenvolvimento de meu intelecto e do aumento do meu conhecimento e aos meus colegas de classe que colaboram com resolução de minhas dúvidas.

Ao meu orientador Dr. Fernando Sa Porto e ao professor Me. Ivair Alves dos Santos.

## RESUMO

A evolução da tecnologia aplicada na indústria se desenvolveu de tal forma que nos dias atuais a produtividade atingiu níveis muito elevados, consegue-se produzir grandes quantidades de produtos em espaços de tempo cada vez menores. Um exemplo disso são as novas linhas de prensas existentes ao redor do mundo com capacidade de até 25 golpes por minuto. Com isso as perdas de produção se tornam praticamente inadmissíveis, a fim de se manter esta elevada produtividade a manutenção também se desenvolveu através de novas técnicas e métodos de trabalho, assim como, também a utilização de ferramentas que colaboram com análise e a resolução de falhas. O foco deste trabalho é reduzir o número de falhas ocorridas em uma linha de prensas devido a *toolings*, através de técnicas de manutenção como a preventiva, por exemplo, e também através da análise de falhas por meio de ferramentas como o *Brainstorming*, “Diagrama de Causa e Efeito” de Ishikawa e do ciclo PDCA, sendo que por meio dessas ferramentas foi realizado o estudo das falhas a fim de se descobrir sua causa raiz e também definir ações com o objetivo de eliminá-las ou ao menos reduzi-las ao máximo possível. Assim conseguiu-se alcançar uma redução no total de paradas de quase 60% por meio da utilização das ferramentas e métodos citados anteriormente.

**Palavras-chave:** Manutenção; *Toolings*; Análise de falhas; Diagrama de Ishikawa; PDCA.

## **ABSTRACT**

The technology evolution applied in industry has developed in such a way that nowadays the productivity reached very high levels, it is possible to produce large quantities of products in increasingly smaller time spaces. An example of this is the new press lines that exist around the world with a capacity of up to 25 strokes per minute. As a result, production losses are practically unacceptable. In order to maintain this high productivity, maintenance has also been developed through new techniques and working methods, as well as the use of tools that collaborate with analysis and resolution of failures. The focus of this work is to reduce the number of failures in a line of presses due to the toolings, through maintenance techniques such as preventive, for example, and also through the analysis of failures through tools such as Brainstorming, "Cause and Effect Diagram" of Ishikawa and the PDCA cycle. Through these tools, the study of the faults was carried out in order to discover its root causes and also to define actions with the objective of eliminating them or at least reducing them to the maximum extent possible. Thus, a reduction of almost 60% in total was achieved through the use of the tools and methods mentioned above.

**Keywords:** Maintenance; Toolings; Failure analysis; Ishikawa diagram; PDCA.



## **LISTAS DE TABELAS**

Tabela 1 - Tempo de parada por peça durante o ano de 2014 .....	30
Tabela 2 - Tempo de parada por peça de junho de 2015 á junho de 2016 .....	34
Tabela 3 - Percentual da redução do tempo de parada por peça .....	36

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Como fazer o Diagrama de Ishikawa .....	19
Figura 2 - PDCA.....	21
Figura 3 - Peça fixada à ventosa devido ao vácuo .....	25
Figura 4 - Transporte de peça por <i>tooling</i> .....	26
Figura 5 - Exemplo de sistema de <i>tooling</i> .....	26
Figura 6 - Diagrama de Ishikawa .....	29

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Falhas e possíveis causas .....	28
Quadro 2 - Possíveis ações a fim de eliminar as falhas .....	31

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo entre as paradas de 2014, 2015 e 2016 por peça.....35

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	13
2.1 Manutenção.....	13
2.1.1 Tipos de Manutenção .....	13
2.1.1.1 Manutenção Corretiva .....	13
2.1.1.1.1 Manutenção Corretiva Planejada .....	14
2.1.1.1.2 Manutenção Corretiva Não Planejada .....	14
2.1.1.2 Manutenção Preventiva .....	15
2.1.1.3 Manutenção Preditiva .....	16
2.2 Tipos de Falhas.....	17
2.3 Análises de Falhas .....	18
2.3.1 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) .....	19
2.3.2 Ciclo PDCA .....	20
2.3.3 <i>Brainstorming</i> .....	22
2.4 Prensas Mecânicas .....	23
2.5 Sistemas de Vácuo .....	24
2.5.1 <i>Toolings</i> .....	24
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 <i>Brainstorming</i> .....	27
3.2 Diagrama de Ishikawa .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	30
4.1 <i>Plan</i> – Planejamento .....	31
4.2 <i>Do</i> – Fazer.....	32
4.3 <i>Check</i> – Verificar .....	32
4.4 <i>Act</i> – Atuar.....	33
4.5 Análise dos Resultados .....	34
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
ANEXOS .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente com evolução tecnológica o volume de produção se torna cada vez maior, produz-se mais em cada vez menos tempo. Para tal, os atuais equipamentos devem ser cada vez mais confiáveis, trabalhando por mais tempo, continuamente, sem ocorrência de falhas inesperadas e com índice de paradas de produção menores possíveis. A área incumbida de manter esse índice o mais próximo possível de zero é a Manutenção.

Em linhas de prensas esse fato não se altera, esses equipamentos têm a função de conformar, cortar e flangear chapas metálicas de tamanhos variados em diversos formatos, muito empregados em ramos como o automobilístico. Seu princípio de funcionamento pode ser hidráulico ou mecânico, dependendo da força necessária para conformar a peça, em razão da velocidade e do custo, por exemplo.

A evolução das prensas foi e ainda é surpreendente, no passado estas funcionavam individualmente, operadores faziam o transporte das peças e o acionamento das mesmas, já nos dias atuais as linhas de prensas trabalham com varias destas interligadas, praticamente todo controle é feito eletronicamente e as peças são transportadas por robôs, através de *toolings* com ventosas em um sistema de vácuo, que através de um diferencial de pressão prende a peça em ventosas. A busca em reduzir as paradas em uma linha de prensas, decorrentes das falhas ocorridas em *toolings* é a motivação deste trabalho, busca esta efetivada através de ferramentas de análise de falhas, tais como “Diagrama de Causa e Efeito” de Ishikawa e a ferramenta “PDCA”, que consiste em planejar, fazer, verificar e analisar os resultados.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Manutenção**

A atividade de manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas, principalmente, é preciso manter a função do equipamento disponível para a operação, evitar a falha do equipamento e reduzir os riscos de uma parada de produção não planejada. (KARDEC; NASCIF, 2009,p.11)

#### **2.1.1 Tipos de Manutenção**

Conforme Xenos (2004) podem existir varias maneiras de classificar os diversos tipos de manutenção existentes. A definição dos tipos de manutenção é feita conforme as intervenções realizadas nas instalações, sistemas ou equipamentos. (KARDEC; NASCIF 2009).

##### **2.1.1.1 Manutenção Corretiva**

“A manutenção corretiva corresponde a uma atitude de defesa (submeter-se, sofrer) enquanto se espera a próxima falha acidental (fortuita), atitude característica da conservação tradicional.” (MONCHY 1989).

Para Viana (2006) a manutenção corretiva é a ação necessária instantaneamente para deter grandes consequências à segurança do empregado, ao meio ambiente ou aos instrumentos de produção. Sendo a manutenção feita logo após o acontecimento de uma anomalia/quebra, com a finalidade de fazer um item voltar a sua função de trabalho atribuída. (ABNT; pág. 7; 1994).

De acordo com Kardec e Nascif (2009) existem duas condições específicas que podem levar a manutenção corretiva, sendo elas:

- Desempenho abaixo do normal definido pelas variáveis de monitoramento operacional;
- Ocorrência de falha.

A manutenção corretiva divide-se em planejada e não planejada. (NOQUEIRA et al., 2012).

#### **2.1.1.1.1 Manutenção Corretiva Planejada**

A manutenção corretiva planejada só é realizada após uma decisão gerencial, sendo que esta decisão é fundamentada na alteração de parâmetros das condições de funcionamento de um equipamento, essa alteração é detectada através da manutenção preditiva e/ou ainda por acompanhamento do equipamento. Depois de tomada a decisão através manutenção corretiva planejada, esta alteração é corrigida.

Este tipo de manutenção fornece um menor custo, mais segurança, rapidez e qualidade quando comparado a um trabalho não planejado.

Mesmo que a escolha seja por manter o equipamento em funcionamento até a quebra, por se tratar de uma decisão conhecida outras ações podem ser tomadas, tais como preparar um equipamento reserva, preparar/separar ferramentas para facilitar e agilizar a troca entre outros. (KARDEC; NASCIF 2009).

#### **2.1.1.1.2 Manutenção Corretiva Não Planejada**

Segundo Moro e Auras (2007) é a manutenção, como o próprio nome já diz não planejada ou inesperada, o primeiro tipo de manutenção a surgir e se mantém até os dias atuais, já que o nível de zero falhas praticamente não existe.

O conceito deste tipo de manutenção se baseia em métodos aplicados a uma máquina “parada” ou com seu desempenho abaixo do necessário, a fim de fazê-la retornar ao seu estado ótimo.

Para Kardec e Nascif (2009) este tipo de manutenção acarreta grandes custos, devido à mesma só ocorrer após a parada do equipamento ou à sua queda de desempenho, obrigando a equipe de manutenção a atuar de forma inesperada, sem preparação alguma do serviço necessário para fazer a máquina retornar ao seu estado anterior, sendo que esta forma de manutenção ainda é muito praticada até hoje.

Os gastos elevados estão diretamente ligados á:

- Parada de produção;
- Quebra de qualidade;
- Gastos indiretos de manutenção.



Ainda segundo Kardec e Nascif (2009) a aplicação deste tipo de manutenção pode trazer grandes problemas aos equipamentos devido a quebras aleatórias. Como por exemplo, a interrupção de processos contínuos como os de indústrias petroquímicas, onde há elevadas pressões e vazões, esta parada pode afetar a qualidade de outras máquinas que estavam trabalhando corretamente, um exemplo citado é o do aparecimento de vibrações em máquinas de grande porte que anteriormente funcionavam de forma suave.

### **2.1.1.2 Manutenção Preventiva**

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” (ABNT, 1994).

Conforme Moro e Auras (2007) a manutenção preventiva é o primeiro estágio para uma manutenção programada. Parte do conceito de paradas programadas para realizar reparos, com o intuito de diminuir gastos, melhorar a qualidade do produto, elevar a vida útil da máquina, conservar o meio ambiente diminuir os acidentes.

Já para Viana (2006) este tipo de manutenção é realizado no equipamento enquanto o mesmo ainda não apresentou nenhum defeito, sendo feita em datas pré-programadas e em intervalos de tempo pré-determinados. A ação realizada a fim de se diminuir a probabilidade de falha de um equipamento. (MONCHY 1989). Ainda de acordo com Viana (2006) a boa elaboração dos planos de preventiva trás outras vantagens além da redução de paradas inesperadas, tais como um estoque de peças mais enxuto, devido se saber a frequência e a necessidade de uso dos itens, uma melhor programação da produção já que a mesma saberá com antecedência quando a máquina irá precisar parar, entre outros. Para que a preventiva seja eficiente esta deve ser sempre revisada e melhorada continuamente.

De acordo com Kardec e Nascif (2009) esse tipo de manutenção busca a eliminação das paradas inesperadas dos equipamentos e/ou processos, sendo muito aplicada em ramos como o aeronáutico onde a segurança se destaca á outros itens, sendo realizada a troca de determinados componentes de determinados sistemas mesmos estes ainda estando em bom estado, e a aplicação da manutenção preditiva não é viável. A determinação da frequência da manutenção

preventiva não deve depender somente do estipulado pelo fabricante, também deve-se levar em consideração as condições de trabalho e ambientais às quais o equipamento ou componente está exposto, pois caso contrário podem ocorrer falhas antes do período estipulado para preventiva ou a troca prematura de um item. A manutenção preventiva também possui outros pontos negativos além da troca de componentes ainda em bom estado, tais como:

- Problemas ocasionados por falha humana;
- Excesso de peças em estoque;
- Problemas na parada e na partida do equipamento.
- Entre outros.

Para que a manutenção preventiva seja eficiente não basta ter ferramentas e métodos adequados também é de suma importância que os profissionais envolvidos sejam treinados e capacitados. (MORO e AURAS 2007).

### **2.1.1.3 Manutenção Preditiva**

Segundo Kardec e Nascif (2009) o conceito desse tipo de manutenção se baseia no monitoramento de dados do processo, onde quando algum desses dados se altera significa que a possibilidade de falha está aumentando é ainda então que a manutenção atua, esse acompanhamento é feito de forma periódica.

Para Moro e Auras (2007) esta é considerada a mais desenvolvida das manutenções, a qual permite que atuação em um equipamento só seja realizada quando o mesmo se aproxima do estado da falha, isto porque é feito um controle dos parâmetros reais da máquina, tais como:

- Vibração;
- Temperatura;
- Pressão.

Conforme Viana (2006) através do monitoramento dos parâmetros é possível aproveitar ao máximo da vida útil de um componente, planejando a troca do mesmo, programando com a produção a parada do equipamento, sendo que para tal são necessários instrumentos específicos e mão de obra treinada e capacitada, mantendo os sempre atualizados.

Ainda conforme Kardec e Nascif (2009) quando decidido a necessidade de intervir no funcionamento do equipamento esta intervenção é feita através da manutenção corretiva planejada. Para que seja possível o emprego desse tipo de manutenção existem alguns requisitos, como por exemplo:

- O processo e/ou algum item do mesmo deve permitir o acompanhamento de um ou mais parâmetros;
- O processo e/ou algum item do mesmo deve realmente necessitar esse acompanhamento de modo a evitar os custos de uma parada;
- As possíveis paradas devem estar ligadas aos itens que serão acompanhados;
- O acompanhamento deve ser periódico e devem ser definidos os valores que indicam o risco de falha.

Alguns dos focos para a implantação da manutenção preventiva são os seguintes segundo Moro e Auras (2006):

- Predizer com certa antecedência a necessidade de atuar em algum item de uma máquina;
- Acabar com intervenções desnecessárias;
- Diminuir as paradas não planejadas;
- Conter a elevação dos prejuízos;
- Utilizar ao máximo possível um item da máquina;
- Tornar o processo confiável;

## **2.2 Tipos de Falhas**

Pode-se descrever falha como a interrupção da capacidade de um componente atender a função que lhe foi incumbida. (KARDEC; NASCIF 2009).

Falha é a perda da eficiência de um item realizar sua tarefa. (ABNT 1994).

Ainda de acordo com a ABNT (1994) existem diversos tipos de falhas, alguns deles são:

- Falha crítica – esse tipo pode colocar em risco a segurança dos colaboradores e meio ambiente, além de ter grande probabilidade de acarretar enormes danos financeiros;

- Falha por uso incorreto – o defeito ocorre devido aplicação do equipamento além de seus parâmetros;
- Falha por manuseio – esta falha é gerada por erros operacionais;
- Falha de projeto – o projeto do item ou equipamento está ineficaz;
- Falha repentina – o problema ocorre sem poder ser prognosticado, mesmo por análise anterior ou acompanhamento de parâmetros.

Já para Pereira (2011) os defeitos se dividem basicamente em dois tipos:

- Defeito devido à perda da capacidade de um item ou subconjunto efetuar sua função;
- Defeito ocasionado por erro operacional.

Ainda conforme Pereira (2011) o primeiro tipo de falha mencionado é o que se destaca mais devido ser comum à equipe de manutenção, sendo que quando ocorre a parada do equipamento o mesmo é logo posto em trabalho novamente. Pra tal modelo de defeito existem diversos tipos de análises que indicam as causas e determinam os atos a serem tomados para evitar que estas ocorram novamente. Já o segundo ocorre devido à falha humana, sendo que o principal fator que influencia a falha humana é a falta de treinamento para os operadores.

### **2.3 Análises de Falhas**

Segundo a ABNT (1994) a análise de falhas consiste em identificar de forma racional os fatores que levaram um componente à falha e seus efeitos.

Para Moro e Auras (2006) a investigação da predisposição de um componente chegar a falha baseia-se em antecipar a parada de um equipamento através da análise de parâmetros fornecidos por instrumentos específicos para isto.

Conforme Pereira (2011) existe três métodos que são os mais utilizados em análise de falhas:

- Gráfico de Pareto;
- Método dos “5 porquês”;
- Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa).

Sendo este ultimo o mais importante para esse trabalho.

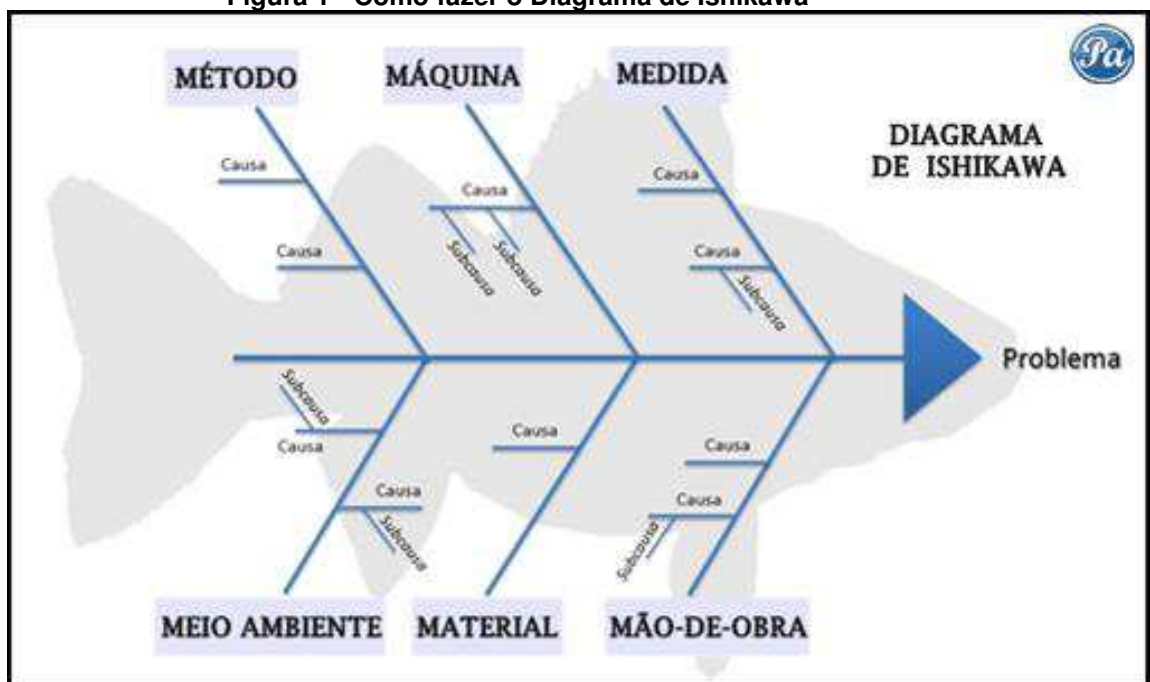
### 2.3.1 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

De acordo com Pereira (2011) este diagrama foi criado no ano de 1943 por Kaoru Ishikawa e também é conhecido como “Diagrama Espinha de Peixe”. O diagrama foi criado com a finalidade de interligar a essência dos “efeitos” e suas prováveis “causas”. Nesse diagrama o problema é disposto à direita e as fontes dos mesmos à esquerda, podem existir classificações de causas, mas comumente elas variam entre quatro (4M’s) e seis (6M’s), sendo elas:

- Mão de obra;
- Máquina;
- Material;
- Método;
- Meio ambiente (quando cabível);
- Medição (quando cabível);

Normalmente as informações sobre as fontes dos problemas são levantadas em reuniões de tempestade de ideias (*Brainstorming*), os participantes devem ser de diversas áreas, como: manutenção; produção; engenharia. Uma pessoa é nomeada líder e faz a coleta das ideias com as possíveis fontes. A Figura 1 mostra um exemplo de como é o diagrama de Ishikawa.

Figura 1 - Como fazer o Diagrama de Ishikawa



FONTE: Portal Administração.

Segundo o SEBRAE (2005) este diagrama é amplamente utilizado, no qual se mostra a ligação de um defeito e suas prováveis causas, com o intuito de sintetizar ideias. Primeiramente deve-se identificar o problema a ser estudado e em seguida a traves de uma “tempestade de ideias” identificam-se as possíveis causas e as subdividem em primarias e secundarias e se necessário cria-se outro(s) diagramas para analisa-las separadamente.

Já de acordo com Pereira (2011) há alguns passos para se montar o diagrama:

1. O time determina o problema a ser analisado, através de perguntas: Onde? Como? Qual a sua proporção?
2. Estudam as possíveis causas
3. Montam o diagrama com a falha à direita e suas possíveis causas à esquerda;
4. Colocam os usuais M's de acordo com determinação do time;
5. Para cada um dos possíveis fatores fazem a pergunta “por que isto acontece?” e as respostas são interligadas para colaborar a encontrar o principal ou principais fatores;
6. Analisar o fator principal.

### **2.3.2 Ciclo PDCA**

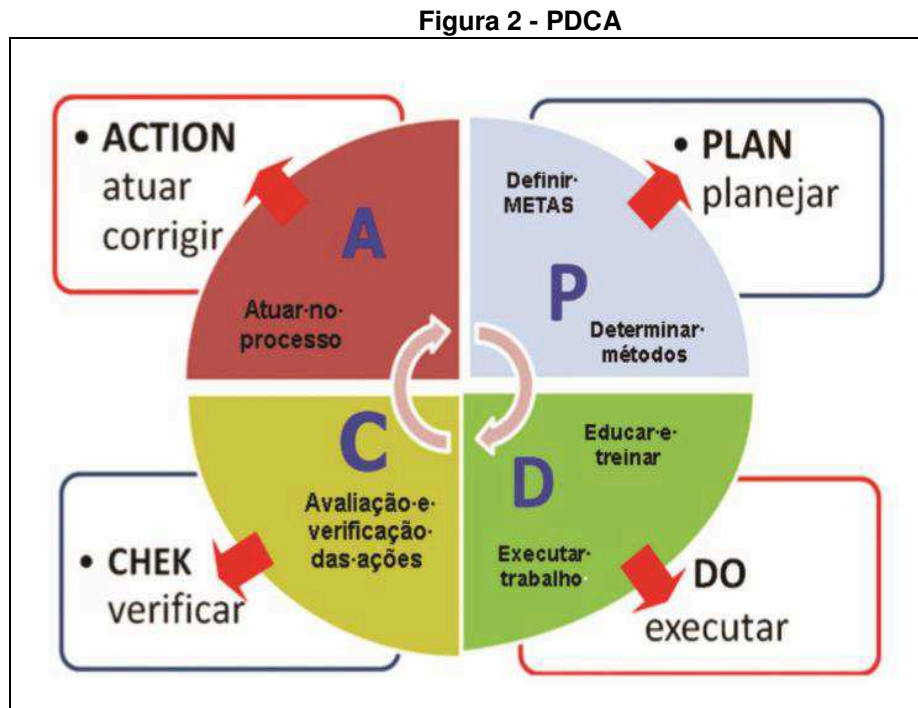
Conforme Kardec e Nascif (2009) o ciclo PDCA pertence ao método MASP de estudo e solução de falhas. Pra a aplicação do PDCA é importante se ter:

- Um bom histórico das falhas;
- Um time composto por profissionais de áreas diversas e se possível participantes com conhecimento específicos em certos processos.

O PDCA se assemelha à outras diversas ferramentas, sendo alguns dos pontos importantes:

- Um time com profissionais com conhecimentos variados, mas sempre com relação ao problema;
- Uma sistemática a ser seguida;
- Documentar todos os passos;
- Supervisão.

Segundo Camargo (2011) o “ciclo PDCA” foi elaborado Walter Shewhart, mas se tornou popular através de Deming, é uma ferramenta com flexibilidade a ajustes. A figura 2 mostra um exemplo do ciclo PDCA.



**FONTE: Camargo (2011).**

De acordo com Xenos (2004) na etapa *PLAN* se determinam aos propósitos e as finalidades, pela criação de um plano de manutenção para certo espaço de tempo, em seguida na etapa *DO* é colocado em ação o plano criado anteriormente, já na etapa *CHECK* é analisa-se os resultados obtidos e por último na etapa *ACTION* após analisados os resultados são definidas ações.

Já para Camargo (2011) a fase mais significativa é *PLAN*, pois nela é onde são decididas as ações futuras para a exata definição dos propósitos e fins.

Nessa fase são focadas às necessidades da empresa e analisadas as possibilidades das alterações para ser atingido o objetivo idealizado. Camargo (2011) cita Melo (2001) para subdividir *PLAN* em cinco fases, sendo:

- I. Encontrar falha – esta fase se faz sempre que se encontra um efeito abrupto;
- II. Criar um objetivo – algo a ser atingido, como maior rendimento, menos paradas de máquina;

- III. Estudo dos acontecimentos – através de fatos ligados a situação se caracteriza a falha;
- IV. Estudo do sistema/motivos – nessa fase se leva em relação a identificação dos motivos e estes são classificados de acordo com sua gravidade;
- V. Criação de uma estratégia trabalho – são definidos os responsáveis e seus deveres, para que seja possível uma correta gestão do sistema em destaque.

Na etapa *DO* Camargo (2011) diz que todos os planos traçados anteriormente são postos em prática, tais como:

- Quais serão os passos a serem seguidos?
- Quais serão os responsáveis?
- Em que lugar?
- Em quanto e/ou por quanto tempo?

Ainda conforme Camargo (2011) na etapa *CHECK* são analisados os resultados obtidos através dos passos anteriores e estes comparados com o esperado, segundo o plano montado na fase *PLAN*, através disso são verificados desvios. Esta fase é importante, pois todos os dados devem ser corretamente avaliados a fim de se efetivar os resultados.

Já na fase *ACT* Camargo (2011) fala que caso os objetivos tenham sido alcançados, os passos realizados para alcança-los são padronizados. Caso os objetivos tenham sido atingidos ou parcialmente atingidos é então realizado mudanças de acordo com as análises da terceira fase *CHECK* e caso considere-se necessário volta-se para a primeira etapa *PLAN*.

### **2.3.3 Brainstorming**

O *Brainstorming* é utilizado no ciclo PDCA durante a etapa *PLAN*, para analisar as falhas e suas causas. Este é realizado em reuniões com um time de colaboradores de diversas especialidades (PEREIRA, 2011).

Conforme Barker (1997) o *Brainstorm* é um sistema de estruturado para geração de ideias, inventado em 1930 pelo americano Alex Osborn. Ainda segundo Barker (1997) existe quatro regras para o *Brainstorm*, são elas:



- I. As ideias não devem ser julgadas/criticadas;
- II. Roda livre é bem-vinda: quanto mais selvagem for a ideia, melhor; É mais fácil apaziguar do que pensar.
- III. Quanto maior a quantidade de ideias maiores as chances de alcançar o objetivo;
- IV. Além de contribuir com ideias os participantes devem ajudar a melhorar as ideias dos colegas, e ou juntando uma ou mais ideias.

Há também mais alguns pontos importantes como não perder o foco, manter o pensamento do grupo alinhado e não desistir quando as ideias não aparecem (BARKER, 1997).

## **2.4 Prensas Mecânicas**

Segundo Beltrami e Souza (2012) as prensas tem a finalidade de conformar e cortar materiais dos mais diversos tipos. Existem prensas de diversos tipos alguns deles são:

- Hidráulicas;
- Pneumáticas;
- Servo-acionadas;
- Mecânicas excêntricas com freio/embreagem;
- Entre outros.

As prensas mecânicas excêntricas transformam o movimento rotativo (normalmente fornecido por um motor elétrico) em movimento linear através de um conjunto de mecanismos com bielas, manivelas, e outros. Dois dos principais componentes são o martelo e a mesa, entre eles é fixada uma ferramenta (a qual realiza a conformação ou corte) que se divide em duas partes, uma fica presa ao martelo e a outra a mesa a conformação ou corte é realizado através do movimento de descida e subida do martelo prensando a peça entre as duas partes da ferramenta. Depois de feita essa operação a peça é removida para a próxima operação, esse procedimento pode ser feito tanto manualmente quando por robôs.

## 2.5 Sistemas de Vácuo

De acordo com Stempniak (2002) o significado de vácuo através do dicionário quer dizer “lugar onde não contem nada”, entretanto por mais aperfeiçoada que esteja à tecnologia é impossível se produzir ou encontrar o vácuo perfeito, ausência completa de qualquer matéria. Por este motivo o vácuo que é gerado em experimentos ou na indústria, por exemplo, consiste em gerar uma pressão menor que a atmosférica.

O Catálogo da Schmalz (2013) também cita que vácuo é uma pressão abaixo da atmosférica 1,013 mbar no nível do mar. As unidades de medida de vácuo podem ser diversas, mas sempre com um sinal negativo pois seu referencial é a pressão atmosférica que é definida como 0. O mais comum é o bar e seus submúltiplos.

### 2.5.1 Toolings

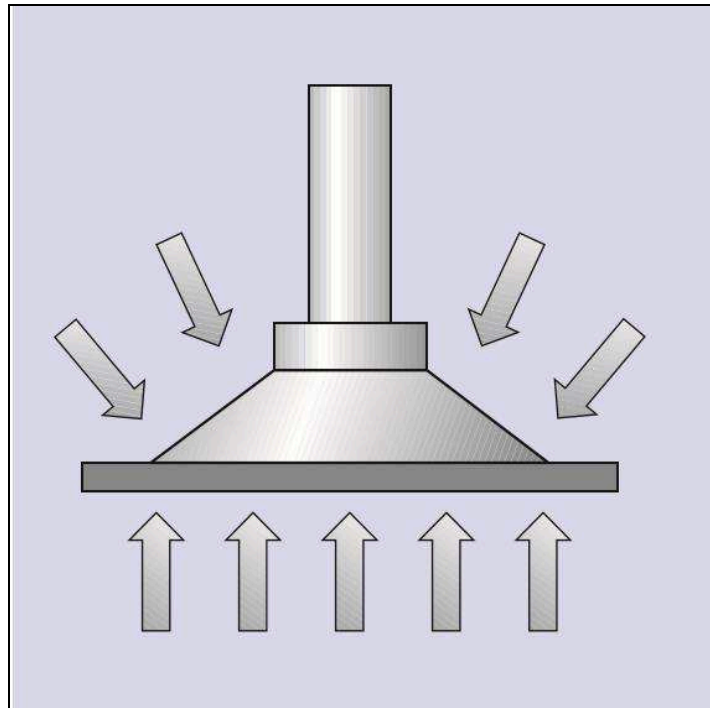
O catálogo da Bilsing Automation (2015) descreve *tooling* como um equipamento/componente cuja função é realizar o transporte de peças entre prensas.

Alguns dos componentes básicos de sistema de *tooling* são:

- Geradores de vácuo – tem a função de criar uma pressão menor que a atmosférica;
- Filtros e conectores – os filtros garantem que o ar chegue sem impurezas e os conectores fazem a ligação das mangueiras, geradores de vácuo, ventosas, etc.;
- Ventosas e mangueiras – as mangueiras conduzem o ar ou o vácuo gerado, já as ventosas são os componentes que fazem a ligação entre o sistema de vácuo e a peça a ser transportada (o vácuo gerado nas ventosas faz com que a peça fique presa à ventosa devido à diferença de pressão).

A Figura 3 que mostra uma peça presa à ventosa pelo diferencial de pressão.

**Figura 3 - Peça fixada à ventosa devido ao vácuo**



**FONTE: Catálogo da Schmalz 2013.**

- Componentes de montagem – são como um “esqueleto” para o sistema de *tooling* que sustentam todos os outros componentes. (SCHMALZ, 2013).

A Figura 4 mostra um exemplo de *tooling* carregando uma peça estampada.

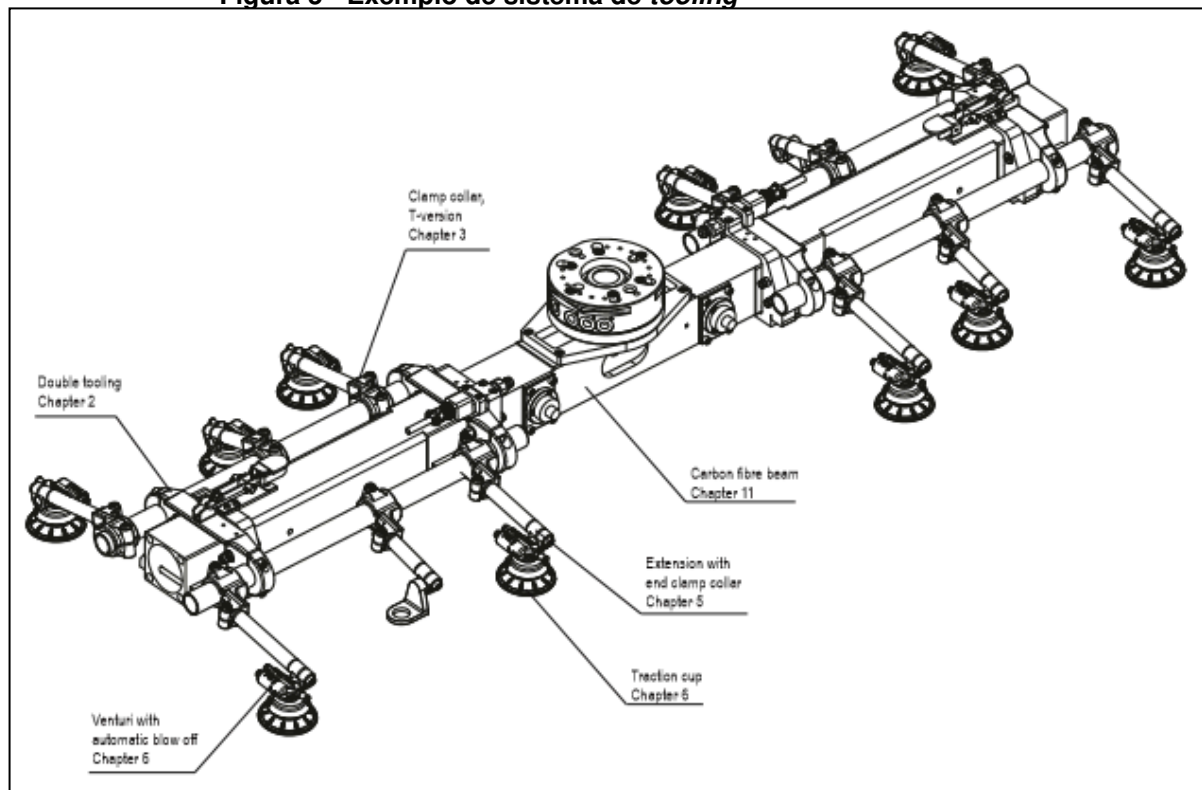
**Figura 4 - Transporte de peça por *tooling***



**FONTE: Bilsing Automation**

A Figura 5 mostra o desenho de um *tooling* e seus componentes.

**Figura 5 - Exemplo de sistema de *tooling***



### 3 METODOLOGIA

Com base na Revisão Teórica foi traçada a seguinte estratégia, sendo utilizado o *Brainstorming* para levantar as possíveis causas (Diagrama de Ishikawa) para os defeitos e as ações a serem tomadas para saná-los (Ciclo PDCA).

#### 3.1 *Brainstorming*

As reuniões de *Brainstorming* foram realizadas com participação de um mecânico, um eletricitista, um operador, um monitor e o gestor da manutenção.

Nestas reuniões foram discutidos os problemas e suas possíveis causas. Os problemas mais frequentes encontrados foram os seguintes:

Robô não retira peça da ferramenta;

- Robô derrubando peça durante o transporte;
- Falha de vácuo;
- Sensor de colisão da garra acionando;
- Peças deformando durante o transporte
- Quebra do tubo principal do *tooling*.

As possíveis causas foram colocadas no Diagrama de Ishikawa

#### 3.2 Diagrama de Ishikawa

Após as reuniões foi decidido utilizar apenas 4M's do Diagrama de Ishikawa. Sendo eles:

- Mão de obra;
- Material;
- Máquina;
- Método.

O Quadro 1 mostra a relação entre as falhas e suas possíveis causas.

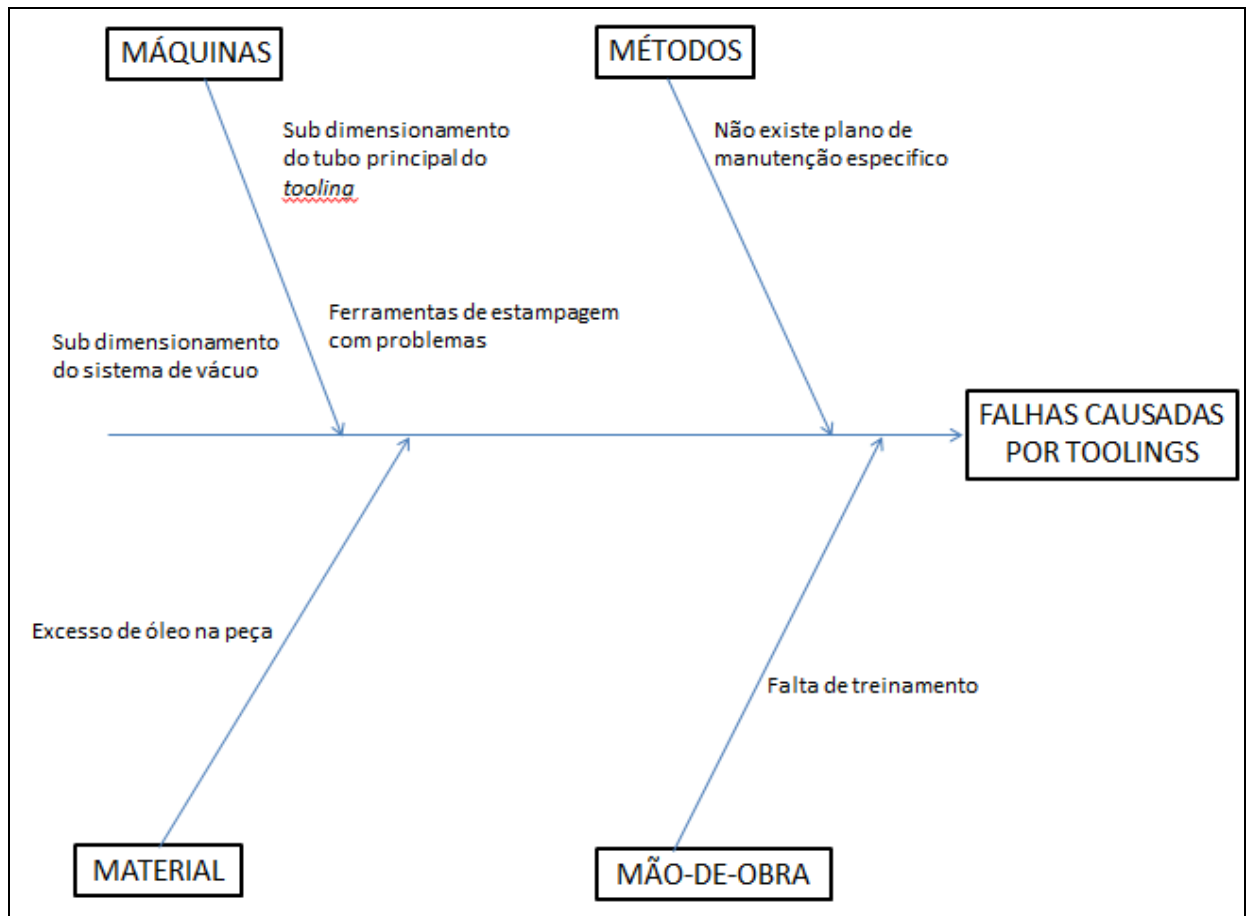
**Quadro 1 - Falhas e possíveis causas**

<b>Falhas</b>	<b>Causas</b>
Robô não retira peça da ferramenta	Ferramentas de estampagem com problema de extração Ventosas fora de posição Sub dimensionamento do sistema de vácuo (nº insuficiente de ventosas ou regulagem da bomba de vácuo abaixo do necessário)
Robô derrubando peça durante o transporte	Excesso de óleo na peça Sub dimensionamento do sistema de vácuo (nº insuficiente de ventosas ou regulagem da bomba de vácuo abaixo do necessário)
Falha de vácuo	Ventosas rasgadas Ventosas fora de posição Conexões danificadas Mangueiras ressecadas Mangueiras mal conectadas Bomba de vácuo defeituosa
Sensor de colisão da garra acionando	Demora para formação de vácuo
Peças deformando durante o transporte	Ventosas em posição inadequada
Quebra do tubo principal do <i>tooling</i>	Fadiga do material

**FONTE: Autor.**

Por meio do *Brainstorming* foi montado o Diagrama de Ishikawa, mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de Ishikawa



FONTE: Autor.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o levantamento dos pontos mais críticos durante as reuniões de Brainstorming, foi traçada pelos participantes a estratégia para solucionar os problemas de paradas de produção através da ferramenta PDCA.

Primeiramente foi levantado o tempo de parada da linha devido às perdas causadas por *toolings* no ano de 2014, e em seguida as perdas foram divididas entre os respectivos tipos de peças produzidas nesta linha. A coleta desses dados foi realizada através de um sistema interno onde são anotadas todas as perdas de produção.

A Tabela 1 mostra o tempo de parada, correspondente a cada tipo de peça, durante o período a acima mencionado.

**Tabela 1 - Tempo de parada por peça durante o ano de 2014**

<b>PEÇA</b>	<b>TEMPO DE PARADA (minutos)</b>
PEÇA "A"	1866
PEÇA "B"	105
PEÇA "C"	804
PEÇA "D"	1348
PEÇA "E"	13
PEÇA "F"	2488
PEÇA "G"	10
PEÇA "H"	1473
PEÇA "I"	1009
<b>TOTAL DE PERDAS</b>	<b>9116</b>

**FONTE: Autor.**

A partir desses dados iniciou-se a primeira etapa da ferramenta PDCA.



#### 4.1 *Plan* – Planejamento

Através das reuniões de *Brainstorming* decidiu-se primeiramente criar planos de preventiva para todos os tipos de peças, sendo que os roteiros das preventivas foram elaborados através da análise dos dados do Quadro 1, que mostra as falhas e suas possíveis causas. A partir do Quadro 1 foi criado o Quadro 2 que destaca as possíveis ações para inibir as falhas.

**Quadro 2 - Possíveis ações a fim de eliminar as falhas**

Falhas	AÇÕES
Robô não retira peça da ferramenta	<p>Realizar diálogo com os ferramenteiros a fim de reduzir as incidências.</p> <p>Torquear todos os parafusos dos <i>toolings</i> durante as preventivas para garantir que estes não saiam da posição.</p> <p>Treinamento dos operadores e manutentores.</p> <p>Analisar os <i>toolings</i> e o dimensionamento do vácuo de cada um deles, adicionando mais ventosas se necessário.</p>
Robô derrubando peça durante o transporte	<p>Eliminar ou reduzir a quantidade de óleo nas peças.</p> <p>Analisar os <i>toolings</i> e o dimensionamento do vácuo de cada um deles, adicionando mais ventosas se necessário.</p>
Falha de vácuo	<p>Criar planos de preventivas.</p> <p>Criar dispositivo para teste do vácuo nos <i>toolings</i>.</p>
Sensor de colisão da garra acionando	<p>Reduzir tamanho das ventosas e/ou modificar o modelo delas.</p>
Peças deformando durante o transporte	<p>Treinamento dos operadores e manutentores.</p>
Quebra do tubo principal do <i>tooling</i>	<p>Estudo para utilização de materiais diferentes e/ou com paredes mais grossas.</p>

**FONTE: Autor.**

O Quadro 2 foi a base para a elaboração dos próximos passos a serem seguidos. Como já mencionado anteriormente o primeiro passo foi criar planos de manutenção para todas as peças, o roteiro elaborado para as preventivas encontra-se nos anexos.

Outro item foi elaborar diálogos com os ferramenteiros e a instrução e treinamentos dos operadores e manutentores de como manipular e regular os *toolings*. Adicionalmente, foi projetado um sistema para realizar as preventivas que também possibilitasse o teste do vácuo. Através do catálogo da SCHMALZ adotou-se uma fórmula para dimensionar os *toolings*, quanto ao tamanho e quantidade de ventosas necessárias para cada peça.

Também foram contatados fornecedores para verificar outras alternativas para os tubos principais que quebram com certa constância.

#### **4.2 Do – Fazer**

As preventivas foram criadas, sendo que para tentar conseguir uma redução mais rápida das paradas foram criadas ordens em “manual” para se fazer as preventivas antes das datas programadas. Todos os *toolings* passaram por preventivas, sendo estes torqueados e testado o vácuo de cada um deles.

Foram realizados treinamentos com todos os operadores e manutentores.

Foi analisado o dimensionamento de todos os *toolings* com relação a quantidade de ventosas e tamanho das mesmas. Sendo notado que a grande maioria estava subdimensionada. Foram adicionadas mais ventosas nas peças “A”, “C”, “D”, “F” e “H”, e também aumentado o tamanho de algumas ventosas nessas peças, sendo essas as que originalmente possuíam maior percentual de paradas. Nas outras apenas foi aumentado o tamanho das ventosas ou até mesmo não alterado como, por exemplo, nas peças “E” e “G”.

Também foi reduzida a quantidade de óleo aplicada nas peças.

#### **4.3 Check – Verificar**

Três meses após todas ações serem realizadas alguns desvios foram notados, estes listados a seguir:

- A redução da quantidade de óleo nas peças trouxe problemas de qualidade, tais como “rachados”;
- Mesmo torqueando todos os parafusos as incidências com relação a ventosas fora de posição e robô não retirando peça diminuíram pouco em relação ao esperado;
- Algumas peças continuaram caindo durante o transporte.

#### **4.4 Act – Atuar**

Após análise dos desvios encontrados durante novas reuniões de *brainstorming*, foram definidas as seguintes estratégias:

- Para eliminar ou pelo menos minimizar a quantidade de peças que caem durante o transporte foi, além do redimensionamento dos *toolings*, aumentada a pressão negativa, ou seja, aumentando a regulagem do nível de vácuo;
- Para garantir o posicionamento das ventosas foi alinhado em conjunto com a produção paradas programadas, a fim de se torquear todos os parafusos dos *toolings*, pois foi notado que o torqueamento realizado fora da linha não garantia que os parafusos estavam sendo travados na posição correta.

#### 4.5 Análise dos Resultados

Aproximadamente um ano e meio após a iniciação dos trabalhos foi realizado um novo levantamento de dados, sendo utilizado o período de junho de 2015 á junho de 2016 dando origem a Tabela 2.

**Tabela 2 - Tempo de parada por peça de junho de 2015 á junho de 2016**

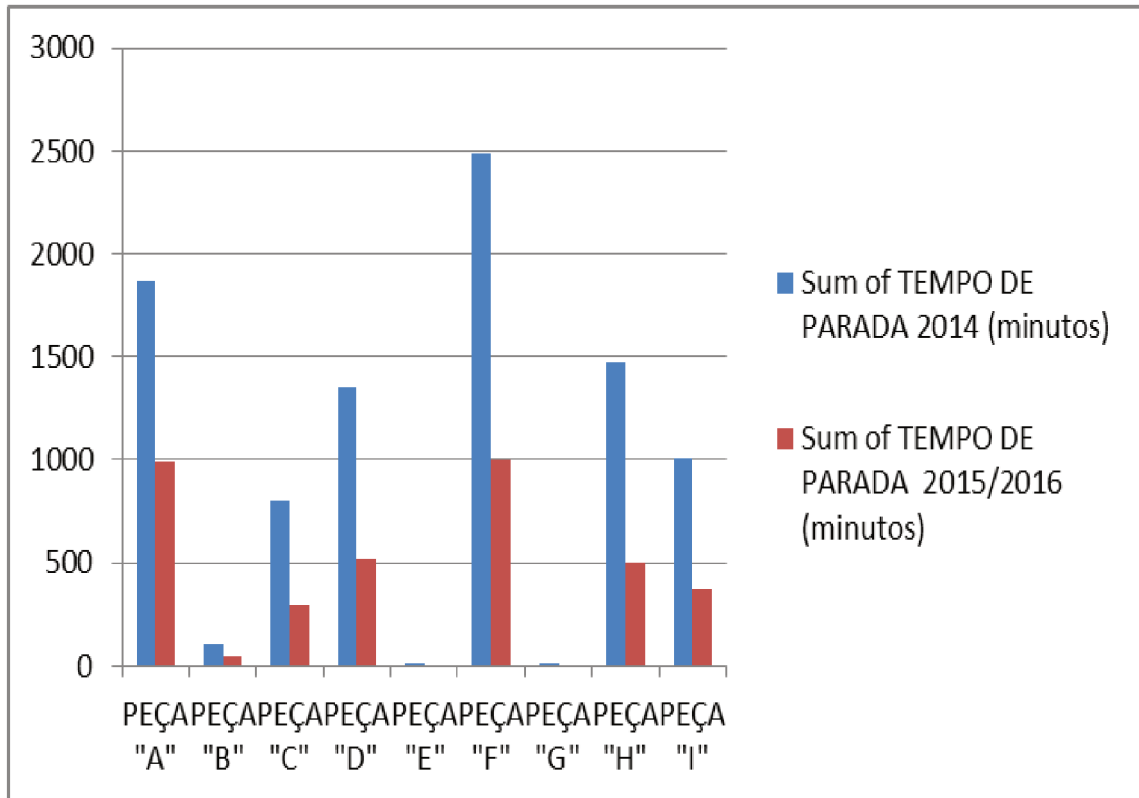
<b>PEÇA</b>	<b>TEMPO DE PARADA 2015/2016 (minutos)</b>
PEÇA "A"	987
PEÇA "B"	45
PEÇA "C"	299
PEÇA "D"	515
PEÇA "E"	0
PEÇA "F"	1002
PEÇA "G"	0
PEÇA "H"	501
PEÇA "I"	370
<b>TOTAL DE PERDAS</b>	<b>3719</b>

**FONTE: Autor.**

As peças dos tipos "E" e "G" deixaram de ser fabricadas durante a fase de implementação dos trabalhos, por este motivo que seus tempos de paradas são zero.

O Gráfico 1 mostra um comparativo entre as paradas de cada tipo de peça durante o ano de 2014 e durante o período de junho de 2015 e junho de 2016.

**Gráfico 1 - Comparativo entre as paradas de 2014 e as de 2015/2016 por peça**



**FONTE: Autor.**

Lembrando que as peças do tipo "E" e "G" não foram mais produzidas durante o período de 2015 á 2016.

Já a Tabela 3 mostra o percentual de redução das paradas de cada peça.

**Tabela 3 - Percentual da redução do tempo de parada por peça**

<b>PEÇA</b>	<b>TEMPO DE PARADA 2014 (minutos)</b>	<b>TEMPO DE PARADA 2015/2016 (minutos)</b>	<b>PERCENTUAL DE REDUÇÃO (%)</b>
PEÇA "A"	1866	987	47,11
PEÇA "B"	105	45	57,14
PEÇA "C"	804	299	62,81
PEÇA "D"	1348	515	61,80
PEÇA "E"	13	0	100,00
PEÇA "F"	2488	1002	59,73
PEÇA "G"	10	0	100,00
PEÇA "H"	1473	501	65,99
PEÇA "I"	1009	370	63,33
<b>TOTAL DE PERDAS</b>	<b>9116</b>	<b>3719</b>	<b>59,20</b>

**FONTE: Autor.**

Analisando a Tabela 3 notamos que foi alcançada uma redução de quase 60% após aproximadamente um ano e meio do início dos trabalhos.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo de métodos para análise de riscos e falhas na manutenção de linhas de prensas devido a *toolings*, com base nos dados levantados e nos resultados apresentados nos tópicos anteriores.

Conclui-se que o objetivo do trabalho foi atingido e os resultados foram satisfatórios, pois através das atividades de gerenciamento, problemas encontrados foram solucionados sistematicamente durante o trabalho de aplicação das ferramentas tais como, a redução da quantidade de óleo nas peças que ocasionou em rachaduras, resolvida com o aumento da capacidade de carga dos *toolings*; a ineficiência ao torquear os *toolings*, que mesmo com todos os parafusos torqueados, não retiravam as peças das ferramentas devido ao ajuste realizado no equipamento fora do processo de produção, sendo que a solução encontrada foi torquear todos os parafusos na condição real de trabalho, possibilitando o ajuste de todas as ventosas e garantindo o posicionamento ideal.

Através destas e outras ações, reduziu-se em aproximadamente 60% as falhas ocasionadas por *toolings* graças à análise de dados e a aplicação de ferramentas como o PDCA, mostrando que estas ferramentas da manutenção tem enorme potencial em evitar perdas e realmente permitem superar obstáculos à produção, sem oneração excessiva e adicionalmente, elevando e consolidando o espírito de corpo e a confiança das equipes de produção e manutenção.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462** – Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

BARKER, Alan. **30 Minutes...To Brainstorm. Great Ideas.** eBooks.com. Londres, 1997.

BILSING AUTOMATION. **Components Catalog for press shop, body shop and hot forming.** Alemanha, 2015.

CAMARGO, W. **Controle de Qualidade Total.** 2011. INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ - Educação a Distância.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MONCHY, F. **A FUNÇÃO MANUTENÇÃO** – FORMAÇÃO PARA A GERENCIA DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. Edição adaptada. São Paulo: Editora DURBAN / EBRAS, 1989.

MORO, N.; AURAS, A. P. **INTRODUÇÃO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO. CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA INDUSTRIAL.** 2007. GERÊNCIA EDUCACIONAL DE METAL MECÂNICA. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA.

NOGUEIRA, C. F.; GUIMARÃES L. M.; SILVA M. D. B. **MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM).** e-xacta. Belo Horizonte, , v. 5, n. 1, p. 175-197. 2012.

PEREIRA, M. J. **ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO - TEORIA E PRÁTICA.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2011.

BELTRAMI, M.; SOUZA, G. S. **Princípios de Tecnologia Industria.** 2012. INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ - Educação a Distância.

SCHMALZ. **Vacuum componentes.** Catalog 2013/2014. Alemanha, 2013.

SEBRAE. Apostila: **MANUAL DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE.** Ano 2005.

STEMPNIAK, R.A. **A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA DO VÁCUO** – Resumo histórico e algumas aplicações. 2002. SBV - Sociedade Brasileira de Vácuo.

VIANA, H. R. G. PCM, **Planejamento e Controle de Manutenção.** 1ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

XENOS, H. G. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva.** 1ª edição. Minas Gerais: EDITORA DE DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, [2004?].



PORTAL ADMINISTRAÇÃO. **Como Fazer o Diagrama Ishikawa**. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito.html>>. Acesso em 01 mai. 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Modelo de roteiro de preventiva.

PEÇA "A"

ROBÔ 1

1°. BAIONETA (Trincas, discaste, parafusos localizadores, montar com cola médio torque)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

2°. VENTOSAS (Condições de uso, fixação, furos, rasgos, etc)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

3°. SUPORTE DAS VENTOSAS (Vedação da rosca com a ventosa e com as conexões)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

4°. CONEXÕES (Desgaste, trincas, vazamentos e vedação)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

5°. MANGUEIRAS (Vazamentos, ressecamento, dobras, ligações irregulares, fixação, usar sempre cintas plásticas)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

6°. VERIFICAR PARAFUSOS - REAPERTO, com o torquímetro aplicar torque de 45 Newtons (desgaste e arruelas de pressão) -

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

7°. FIXAÇÃO DOS BRAÇOS (trincas ou fadiga do material-presilha não dá aperto)

( ) OK ( ) NOK \_\_\_\_\_.

8°. LIMPEZA (limpeza das garras evitando o acúmulo de óleo e sujeiras).

9°. VÁCUO - O valor de vácuo não deve cair por pelo menos 5 segundos. EX: O vácuo fechou com 70 (-mbar) esse valor deve se manter no visor por no mínimo 5 segundos antes de cair para 69 (-mbar). Caso o valor não se mantenha por 5 segundos, eliminar o vazamento.

OBS: Montar os toolings na bancada de teste da ferramentaria para chegar os itens acima e simular funcionamento.