



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Carlos Cristóvão Augusto
Aluno 15680

FERRAMENTA DA QUALIDADE

Dissertação

Orientado por:

Professor Doutor Araújo Gomes - ESTA

Abrantes, Janeiro de 2021



Instituto Politécnico de Tomar

Ferramenta da Qualidade

Resumo

A indústria está cada vez mais aprimorando a capacidade da qualidade dos seus produtos, para poder de certa forma alcançar um determinado nível de competitividade e sustentabilidade. No mundo em que temos vários concorrentes no mercado mundial, cada vez mais dinâmico, logo para manter-se no mercado é necessário e importante o controlo dos recursos na gestão da qualidade de produção com estratégia de negócio, uma vez que os custos com o refugo e com a mão de obra na escolha sobre produtos não conforme é elevado podendo estas trazer sérias consequências negativas para a indústria. Para uma empresa conseguir manter-se no mercado de trabalho principalmente no ramo automóvel e aviação é fundamental ter vantagem sobre a concorrência, com o uso de ferramentas de gestão da qualidade nos processos de produção, possibilitando uma ampla visão de avaliação da qualidade dos seus produtos, consequentemente o aumento da produtividade em relação a custos benefícios atendendo à satisfação de seus clientes. Esse trabalho tem como objetivo identificar o uso de métodos de gestão do controlo da qualidade sobre tudo nas ferramentas da qualidade, em busca de melhoria sobre o produto em que envolve vários fatores a serem mencionados durante o processo.

Palavras-chave:

Ferramentas da qualidade

Abstract

The industry is increasingly improving the quality capacity of its products, in order to reach a certain level of competitiveness and sustainability. In the world where we have several competing companies in the increasingly dynamic world market, resource management in business quality management with business strategy is necessary and important in order to stay in the market. losses with the manpower of choice on nonconforming products is high and these can have serious negative consequences for the industry. For a company to be able to stay in the market, especially in the automotive and aviation industries, it's essential to have an advantage over the competition, using quality management tools in the production processes, enabling a broad vision of quality evaluation of its products. , thereby increasing productivity and cost-effectiveness while meeting customer satisfaction. This work aims to identify the use of quality control management methods above all in the quality tools, in search of improvement over the product in which involves several factors to be measured during the process.

Keywords:

Quality tools

Agradecimentos

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de meus colegas Rafael Missio, Rui Silva, Miguel Vieira, Andre Figueira, Hugo Gaspar e Rafael Reis e também ao meu orientador Professor Doutor Araujo Gomes pelo empenho que me tem orientado neste trabalho.

Quero agradecer a Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, do Instituto Politécnico de Tomar.

Quero agradecer a todos os professores do curso que foram essenciais para a minha evolução pessoal e profissional.

Quero agradecer a Hitachi automotive systems pela colaboração.

E quero agradecer aos meus amigos e minha família pela motivação e pelo apoio incondicional que me deram, ajudando a ultrapassar mais um obstáculo.



Índice

| | |
|--|----|
| 1.Introdução..... | 1 |
| 2.Gestão da qualidade | 2 |
| 2.1 Custos da falha na qualidade..... | 2 |
| 3. Ferramentas de melhoria contínua dos processos. | 3 |
| 3.1 Programa 5S..... | 3 |
| 3.2 Kaizen | 4 |
| 3.3 LEAN MANUFACTURING..... | 5 |
| 3.4 SIX SIGMA | 5 |
| 3.4.1 DMADV | 6 |
| 3.4.2 DMAIC | 6 |
| 3.5 PDCA..... | 7 |
| 3.6 Metodologia Seis Sigma x Ciclo PDCA..... | 8 |
| 3.7 Os 5 Porquês | 9 |
| 3.8 Metodologia 5W2H. | 9 |
| 3.9 FMEA. | 10 |
| 4.Sete ferramentas da qualidade..... | 10 |
| 4.1.Fluxograma | 12 |
| 4.2.Carta de controlo..... | 13 |
| 4.2.1 Interpretação da carta de controlo. | 14 |
| 4.3.Diagrama de Ishikawa..... | 15 |
| 4.3.1.Classificação da metodologia do diagrama são os 6M:..... | 16 |
| 4.4.Folhas de verificação. | 17 |
| 4.5.Histograma. | 17 |
| 4.6.Gráfico de dispersão. | 18 |
| 4.7.Diagrama de Pareto..... | 19 |
| 5.Controlo estatístico do processo..... | 19 |
| 5.1 <i>Causas comuns:</i> | 20 |
| 5.2 <i>Causas especiais:</i> | 20 |
| 5.3 Objetivos do controlo estatístico do processo..... | 21 |



| | |
|--|----|
| 6. Classificação de não conformidades. | 21 |
| 7. Capabilidade do processo..... | 22 |
| 7.1 Análise e índices da capacidade do processo..... | 23 |
| 7.2 Procedimento iterativo de melhoria. | 26 |
| 7.2.1 Tipos de avarias comuns em máquinas. | 26 |
| 8. Método de análise e solução de problema..... | 28 |
| 8.1 Etapas do PDCA x Ferramentas da Qualidade. | 28 |
| 9. Folha de resolução de problema..... | 29 |
| Conclusão..... | 29 |
| Referências Bibliográficas. | 30 |

Índice de Figura

| | |
|---|----|
| Figura 1 - 5S's [1]..... | 3 |
| Figura 2 - Ciclo PDCA [2] | 7 |
| Figura 3 - Exemplo dos 5 porquês [10]..... | 9 |
| Figura 4 - Riscos técnicos FMEA [3]..... | 10 |
| Figura 5 - Fluxograma [4] | 12 |
| Figura 6 - Carta de controlo [4]..... | 13 |
| Figura 7 - Dados discriminatórios [5] | 14 |
| Figura 8 – Interpretação das zonas da carta de controlo [11]..... | 14 |
| Figura 9 - Padrões aleatórios da carta de controlo [12] | 15 |
| Figura 10 - Diagrama de Ishikawa [4] | 16 |
| Figura 11 - Histograma [4]..... | 17 |
| Figura 12 - Gráfico de dispersão [10] | 18 |
| Figura 13 - Gráfico de Pareto [4] | 19 |
| Figura 14 - Causas comuns (aleatórias) [6]..... | 20 |
| Figura 15 - Causas especiais [6]..... | 20 |
| Figura 16 - Resultados da Capabilidade do Processo [8]..... | 25 |
| Figura 17 - Evolução do processo [3] | 26 |
| Figura 18 - Avaliação da capacidade de um processo estável versus instável [5]..... | 27 |
| Figura 19 - Procedimento iterativo de melhoria [10]..... | 27 |

Índice de Tabela

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabela 1 - Classificação de não conformidades [9]</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabela 2 - Ferramentas da Qualidade no PDCA</i> | <i>29</i> |



Lista de abreviaturas e Siglas

Cp – Índice de Capabilidade de Processo

Cpk – Índice de Capabilidade de Centralização Processo

Pp – Índice Performance de Processo

Ppk – Índice de Performance de Centralização de Processo

LSE – Limite Superior da Especificação;

LIE – Limite Inferior da Especificação;

LSC – Limite Superior de Controle;

LIC – Limite Inferior de Controle (ou 6 desvios padrões).

ASQC / ASQ – American Society for Quality Control

PPM – Parte por milhão

σ - Desvio padrão

\bar{X} - Média do processo

NPR – Número de prioridade de risco

FRP – Folha de resolução de problema



1.Introdução.

Este trabalho tem como objetivo mencionar a importância da gestão da qualidade na indústria através dos meus conhecimentos obtidos nos 12 anos de trabalho nesse setor, atualmente na Hiatchi Automotive Systems, por meio de experiências obtidas, palestras com oradores do ramo e de interpretação da qualidade 4.0.

As indústrias cada vez mais procuram ter menos desperdícios para se manterem na concorrência tendo assim competitividade e de manter uma posição no mercado, através dos processos que se aplicam na produção de uma indústria é o que define a sua estabilidade e esses processos envolvem vários fatores para poderem fazer uma melhoria contínua e o acompanhamento do seu progresso envolvendo as ferramentas da qualidade que buscam monitorizar sua eficiência.

Com as ferramentas da qualidade podem monitorizar a qualidade dos produtos assim como analisar e melhorar os processos de interferência de problemas existente ou que possam vir a ter na qualidade do produto, assim como uma padronização. As ferramentas da qualidade permitem identificar e propor uma solução para uma falha no processo. Existe um conjunto de normas que são feitas com base em estudos de modo a melhorar o desempenho em relação à qualidade dos produtos.



2. Gestão da qualidade

A gestão da qualidade são atividades controladas para gerir e controlar uma organização a fim de alcançar seus objetivos nos resultados da produção ou serviço de um produto que satisfaça ou surpreenda o cliente, de produzir mais e sem desperdício.

Para uma organização se manter no mercado deve estar preparada para uma constante mudança, bem como o aumento de clientes e da competitividade, é fundamental ter uma gestão da qualidade bem estruturada com profissionais preparados com objetivo de ter bens ou serviços com o menor custo de produção, melhor qualidade buscando excelência na organização.

No novo conceito de gestão da qualidade deixou-se de fazer inspeção do controlo da qualidade aos produtos de cada setor, uma vez que não gera melhorias ao processo, utilização de tempo que não agrega valor e certos relaxamentos por parte dos setores, sendo assim monitorados por ferramentas da qualidade. Todo operador/colaborador deve ter formação adequada de forma a estar preparado para assumir o compromisso da qualidade do produto do seu posto, em caso de uma não conformidade o produto é isolado ficando no controlo do setor da qualidade.

É importante na gestão da qualidade contar com bons líderes para que possam desempenhar as atividades de forma adequada na melhoria contínua dos processos, no envolvimento das equipas multidisciplinar em soluções de produtos não conformes, na motivação e no compromisso dos envolvidos no processo.

2.1 Custos da falha na qualidade

Os custos da falha na qualidade é um fator importante de uma empresa. Quando existem falhas no processo logo os custos do refugo aumentam devido a sua não conformidade dos produtos, por exemplo, todo produto que vem do fabrico envolve uma carga horária de toda equipa envolvida seja dos operadores, manutenção, dos equipamentos, da materia prima e por vezes das empresas externas nas escolhas, retrabalhos e re-inspeção da produção gerando um custo que não está relacionado ao processo das empresas, no pior dos casos reclamação da qualidade do produto no cliente, que dependendo da reclamação pode vir

a ser um recall, substituição do produto entregue a custo zero, que por sua vez corre o risco de levar a empresa à falência.

3. Ferramentas de melhoria contínua dos processos.

3.1 Programa 5S.

O programa 5S é utilizado mundialmente nas empresas como se fosse uma regra padrão, foi desenvolvida no Japão, e para que o uso dessa ferramenta seja eficaz é necessário que a equipe tenha uma formação adequada de forma a seguir essa definição dos 5S, uma vez que torna o ambiente de trabalho agradável aumentando assim a motivação, segurança, produtividade e um ambiente saudável.



Figura 1 - 5S's [1]

3.1.1 Classificação dos 5S:

1. Utilização (Seiri):

Por vezes existem vários itens no nosso ambiente de trabalho que não são úteis e acabam por nos prejudicar, tendo em conta essa parte se não é útil temos que nos desfazer desses itens de modo ter-mos um ambiente agradável removendo tudo aquilo que é desnecessário.

2. Ordenação (Seiton):

Agora com todos os itens necessários no trabalho fazer uma arrumação de forma organizada, cada ferramenta no seu lugar, em localização de fácil acesso e que não tenha perigo ou risco para o operador e perda de tempo.

3. Limpeza (Seiso):

Manter o ambiente de trabalho limpo aumenta a motivação e a criatividade.

4. Saúde (Seiketsu):

Envolve a higiene dos colaboradores, climatização, iluminação, criação de normas padronizadas específicas para o ambiente de trabalho

5. Autodisciplina (Shitsuke):

Compromisso dos colaboradores com a empresa, dar sugestões para melhoria, ter consciência da importância do seu trabalho uma vez que tem um impacto no produto que é entregue ao cliente

3.2 Kaizen



O termo *Kaizen* significa *Kai*: mudar e *Zen*: bem, é uma ferramenta muito importante na qual todos podem participar não importa a função pode ser desde o operador ou o pessoal da limpeza, engenharia, todas as pessoas envolvidas. Para cada pequena mudança de melhoria muitas vezes chega por resolver problemas grandes automaticamente, existe muitos tipos de defeitos com explicações difíceis onde nem se imagina que possa ser e com as pequenas melhorias acabamos por resolvê-las. O Kaizen generalizou-se mundialmente e teve início no fim da 2ª guerra mundial, normalmente o Kaizen vem de uma sugestão que feita por um indivíduo é analisada pela equipa da melhoria continua que envolve a gerência, os supervisores, trabalhadores, e com apoio de diretores. Por isso é importante para que se tenha êxito ter uma mentalidade aberta a melhorias, o processo tem de estar em melhoria constante para ser eficiente melhorando assim a qualidade a produtividade diminuindo os custos.



3.3 LEAN MANUFACTURING.



Lean Manufacturing tem como objetivo extrair o melhor resultado do processo, ou seja, ter um bom aproveitamento das máquinas, das pessoas, dos materiais, na diminuição dos desperdícios. No fluxo da produção é uns dos fatores principais que contribuem para o potencial da empresa. A finalidade do Lean Manufacturing é de ser mais produtivo atendendo as exigências do cliente. De modo geral Lean Manufacturing é trabalhar na simplicidade e fazer mais com menos.

3.3.1 Os 5 princípios do *lean manufacturing* são:

- Valor:
Ponto de vista do cliente, o atendimento às exigências estabelecidas e ter uma boa qualidade.
- Fluxor do valor:
A maneira que as coisas são feitas em cada etapa do processo eliminando os desperdícios.
- Fluxo contínuo:
Produzir sem paragens desnecessárias atendendo aos pedidos do cliente.
- Sistema puxado:
Produzir em just in time de acordo com os pedidos do cliente sem gerar estoque.
- Busca da perfeição:
Atuar sobre qualquer falha existente no fluxo de valor de forma a não comprometer a qualidade e ter um processo com foco na melhoria continua.

3.4 SIX SIGMA



O Six Sigma é uma ferramenta que busca monitorizar o processo de uma empresa em busca de poder ganhar tempo de produtividade e ter o menor refugo possível. Com Six Sigma podemos dar credibilidade aos clientes melhorando processos sempre com foco na qualidade e muitas das vezes requer mudanças significativas no processo por isso é necessário um gerência

capacitada com bons planeamentos para obter êxito, uma vez que só permite 3,4 falhas por um milhão de produtos fabricados, assim como operadores qualificados para o serviço.

No Six Sigma temos duas metodologias possíveis a serem aplicadas o DMAIC e DMADV.

3.4.1 DMADV

Utilizados em lançamentos ou um novo processo:

- *Define goals:*
Definir os requisitos e metas do cliente;
- *Measure and identify:*
Medição e identificação de características críticas;
- *Analyze:*
Analisar o desempenho do processo de acordo com o desenho do projeto;
- *Design details:*
Desenhar detalhes de forma aperfeiçoar o projeto;
- *Verify the design:*
Verificar os resultados e processos de produção.

3.4.2 DMAIC

DMAIC concentra-se em melhorar os produtos existentes, serviços e processos é uma das metodologias mais usadas. A definição do DMAIC é

- *Define the problem:*
Definir o problema para oportunidade de melhoria;
- *Measure key aspects:*
Medir a taxa de falhas, mas antes verificar se os meios de medições estão corretos;
- *Analyze the data:*
Analisar as variações do processo, saber as falhas e identificar as causas e efeito;

- *Improveth* process:
Definir melhorias para eliminar as falhas, plano de ação;
- *Control*:
Validar as melhorias feitas e padroniza-las através de documentações.

3.4.3 Vantagens da aplicação Six Sigma:

- Desenvolvimento humano dos colaboradores;
- Redução de custos;
- Gerar valor para os clientes;
- Eliminação de atividades que não agregam valor;
- Padronização de processos e serviços;
- Otimização de processos;
- Alinhamento profissional com fornecedores e parceiros. [2]

3.5 PDCA

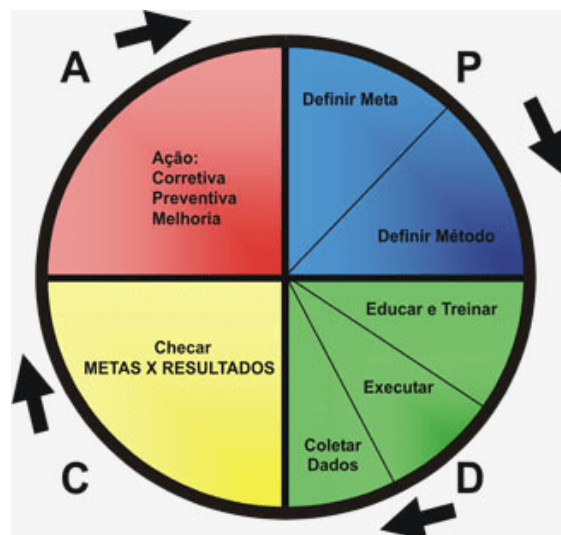


Figura 2 - Ciclo PDCA [2]

O Ciclo PDCA, significa Plan, Do, Check, Action (Planear, Fazer, Verificar e Agir). Sendo uma ferramenta de melhoria continua busca corrigir falhas nos processos.



Planear (Plan)

Esta etapa do planear consiste em definir o problema em causa, estabelecer metas, analisar as causas, analisar o processo e plano de Ação. Planear é um ponto importante do ciclo PDCA, pois se não for bem definido põe em causa todo o processo.

Fazer (Do)

Após um plano de ação definido e com metas claras, reunir equipa capacitada de forma executar da melhor forma o plano de ação.

Checar (Check)

Checar medir e verificar os resultados se está em conformidade com o que foi pretendido no plano de ação e assim validar a sua eficácia, no caso.

Agir (Action)

Uma vez tendo os resultado em conformidade o proximo passo é a sua padronização, no caso dos resultados não for o pretendido as etapas são reiniciadas após ser feita uma revisão geral.

3.6 Metodologia Seis Sigma x Ciclo PDCA

O Seis Sigma é uma metodologia para redução da variabilidade do processo que visa entregar projetos de alto impacto financeiro, redução de custo e melhoria contínua elevando a qualidade do processo a um outro nível ou a um outro patamar. O Ciclo PCDA por sua vez tem uma grande relação com os conceitos Seis Sigma, incrementar etapas e colocar ações nos processos e entregar a melhoria contínua. A melhor forma de saber qual das metodologias a serem usadas, por exemplo, no caso de ser conhecido ou ter uma noção da causa raiz do problema a escolha indicada é da metodologia do Ciclo PDCA, normalmente são os casos mais comuns. No caso de não saber da causa raiz do problema, tendo em conta a variabilidade e etapas do processo, é recomendada a metodologia Seis Sigma, por ser um método que é mais aprofundado, investigativo, que vai a fundo dentro do processo para entender a causa do problema e claro por outro lado vai envolver mais pessoas, departamentos, se possível o uso da metodologia do Ciclo PDCA é o mais recomendado, é necessário ter uma equipa bem treinada para o uso desta metodologia de forma a obter bons resultados.

3.7 Os 5 Porquês

Os 5 porquês é uma ferramenta para identificar a causa raiz do problema se questionando o porque da situação a cada vez que há uma resposta, e voltamos a pergunta do porquê até não haver resposta para a pergunta, então provavelmente encontramos causa raiz do problema. No exemplo abaixo temos um prato do travão com mancha na pintura, que no caso a mancha na pintura é a causa central, para dar início a resolução do problema devemos ter a causa raiz, que no caso do exemplo é o doseador que está desregulado, assim é finalizado o uso da ferramenta dos 5 porquês dando continuidade ao processo assegurar.

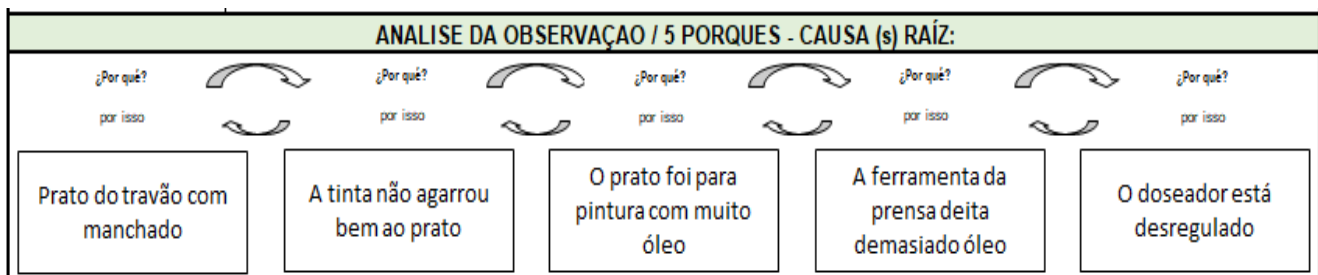


Figura 3 - Exemplo dos 5 porquês [10]

3.8 Metodologia 5W2H.

Na metodologia 5W2H é uma ferramenta de gestão do plano de ação, é um check list com uma boa abordagem do planeamento a ser executado, organizando as ações passo a passo, de forma registar o que precisa ser feito. Os 5W representa os 5 porquês, é um modo de organizar o plano de forma objetiva, seu preenchimento deve ser feito por todos os envolvidos no processo de modo obter uma informação precisa para a sua resolução do problema. Os 2H são os custos e de como será feito o plano de ações.

- Who (Quem): Por quem será feita? (Responsaveis por cada tarefa)
- What (O quê): O que será feito? (Mostrar uma ideia a ser feita)
- When (Quando): Quando será feito? (Data do início e fim)
- Where (Onde): Onde será feito? (Local, Processo, Posto de Trabalho, etc.)
- Why (Por que): Porque será feito? (Qual motivo desse trabalho)
- How many (Quantas partes): Como será feito (Criar fluxograma para melhor análise)
- How (Como): Custos envolvidos? (Custo para a realização das tarefas)

3.9 FMEA.

FMEA, que em português significa Análise do Módulo e Efeito de Falha, é uma ferramenta que agrega confiabilidade para produtos e serviços.

Ele faz parte da melhoria contínua uma vez que estuda preventivamente as causas e os efeitos de falha, por isso é fundamental que o seu desenvolvimento seja corretamente adequado ao processo em causa, de forma minimizar as falhas que ocorrem no produto permitindo que essas falhas decorrentes sejam analisadas garantindo assim a qualidade e a satisfação do cliente.

É desenvolvida por diversos departamentos de forma a elevar a excelência dos resultados obtidos.

A aplicação do FMEA em novos produtos, nova tecnologia ou novo processo, nova aplicação de produto ou processo existente e nas alterações de engenharia a um produto ou processo existente.

Essa metodologia é utilizada em vários mercados como automobilístico, aéreo e militar.

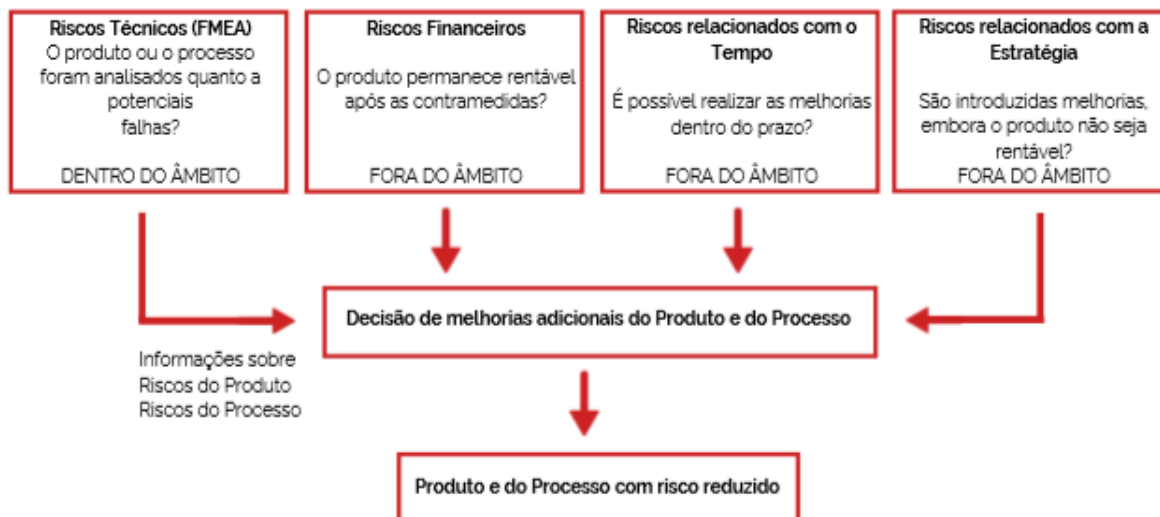


Figura 4 - Riscos técnicos FMEA [3]

4. Sete ferramentas da qualidade

As sete ferramentas do controlo de qualidade dão um conjunto de ferramentas cujo objetivo é diminuir os defeitos existentes no processo aumentando assim a qualidade do



produto o seu uso é de grande valia para a gestão da qualidade que através da recolha dos seus dados são feitas estatísticas para possíveis decisões de melhoria e resolução dos problemas existentes.

As sete ferramentas são:

- Fluxograma
- Cartas de controlo
- Diagramas de causa-efeito (espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa)
- Folhas de verificação
- Histogramas
- Gráficos de dispersão
- Diagrama de Pareto

As ferramentas da qualidade devem ser utilizadas de forma adequada, centralizando toda a informação para um bom controlo do processo. As sete ferramentas da qualidade são consideradas as principais ferramentas por resolverem a maior parte dos assuntos relacionado com a qualidade e por serem ferramentas que não requerem grandes conhecimentos de estatísticas, porém existem outras ferramentas da qualidade.

4.1. Fluxograma

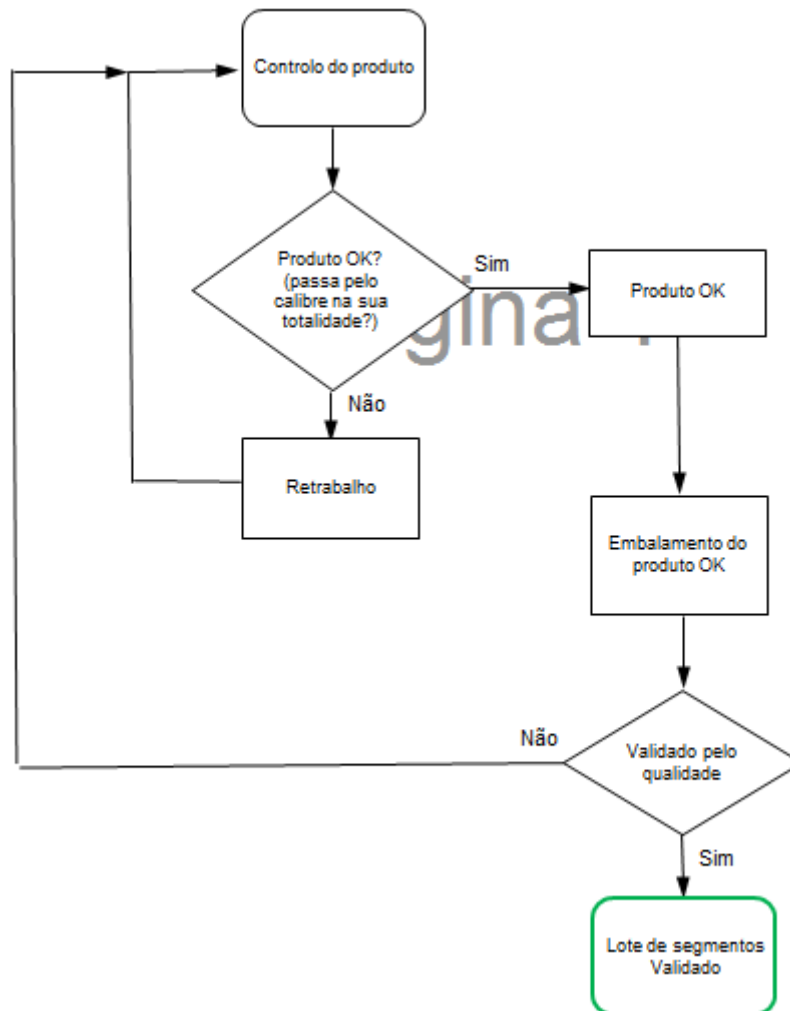


Figura 5 - Fluxo grama [4]

Fluxograma é esquemático onde mostra a sequência operacional de um processo. Na figura 4 podemos observar um exemplo de fluxograma onde é possível verificar a sequência de retrabalho de um determinado produto onde na primeira fase mostra um símbolo oval que representa o início e fim do processo, o símbolo retangular são as etapas do processo, o losango representa uma decisão. Então temos um produto que é controlado, ou seja, passado por calibre, e a seguir temos a parte de tomada de decisão, se o produto estiver OK vai para o embalamento e é aprovado pela qualidade, no caso do produto estiver em não conformidade



será feito um retrabalho e volta ao início para pode ser controlado após o retrabalho de modo concluir sua conformidade.

4.2. Carta de controlo

As cartas de controlo servem para verificar se os processos estão em conformidade, cotas medidas pelos operadores que normalmente são cinco peças medidas por hora que ficam registadas na carta de controlo são analisadas estatisticamente de modo obter informação do processo, se as variações do produto estão dentro dos limites de especificação e através de um gráfico de controlo é possível saber se o processo está estável, onde temos um limite inferior (Cota mínima da peça), limite superior (Cota máxima da peça) e o nominal, quando mais próximas as variações estiverem do nominal menos riscos de uma não conformidade.

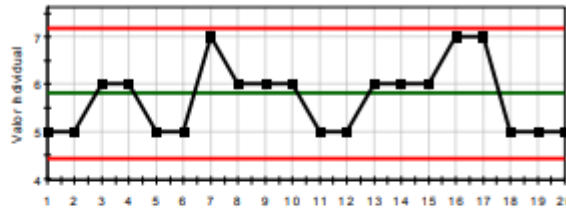
| Amostra | Medições Realizadas | | | | |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 |
| 1 | 200,4 | 199,7 | 200,8 | 199,2 | 199,2 |
| 2 | 200,4 | 199,9 | 202 | 202,8 | 195,6 |
| 3 | 202,7 | 199,4 | 200,5 | 199,9 | 197,9 |
| 4 | 201,4 | 202,6 | 200,5 | 195,1 | 199,9 |
| 5 | 199,1 | 200,8 | 200,7 | 198,3 | 199,2 |
| 6 | 202,7 | 199,9 | 198,2 | 205 | 199,8 |
| 7 | 200,1 | 200,2 | 198,7 | 202 | 202,3 |
| 8 | 200,9 | 202,1 | 201,3 | 199,3 | 198,4 |
| 9 | 199,5 | 199,9 | 199,9 | 202,7 | 201,3 |
| 10 | 199,2 | 200,5 | 198,2 | 199 | 195,3 |
| 11 | 200,7 | 199,7 | 199,3 | 201,8 | 196,3 |
| 12 | 199,5 | 200,2 | 202,7 | 199,1 | 198,8 |
| 13 | 199,7 | 199,3 | 198,9 | 199,7 | 197,7 |
| 14 | 196,4 | 201,6 | 203,2 | 200,4 | 199,6 |
| 15 | 201,5 | 199,8 | 200,2 | 197,6 | 198,1 |
| 16 | 200,8 | 200,4 | 196,7 | 200,2 | 203,1 |
| 17 | 197,9 | 199,3 | 200 | 198,3 | 199,1 |
| 18 | 201,7 | 201,3 | 200,9 | 198,7 | 197,5 |
| 19 | 205,1 | 201,8 | 200,6 | 201,4 | 201,2 |
| 20 | 200,7 | 196 | 200,2 | 201,2 | 197,3 |
| 21 | 200,1 | 200,9 | 197,1 | 201,6 | 202,6 |
| 22 | 199,7 | 203 | 199,8 | 201,8 | 195,9 |
| 23 | 199 | 199,3 | 204,9 | 198,6 | 201,8 |
| 24 | 197,9 | 202,1 | 200 | 202 | 198,3 |
| 25 | 202,4 | 199,3 | 200,8 | 201,8 | 197,7 |

Figura 6 - Carta de controlo [4]

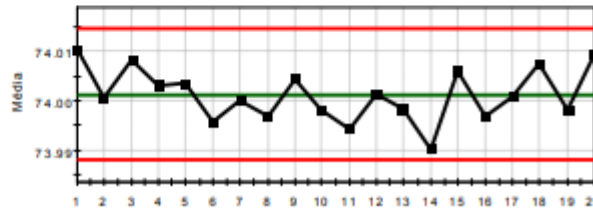
Na figura 5 ilustra gráficamente de forma discriminatória os tipos de dados da carta de controlo para um melhor entendimento da estabilidade do processo.



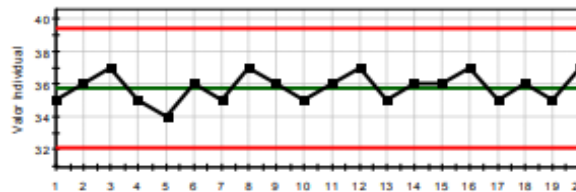
**Pouca
Discriminação**



**Discriminação
satisfatória**



**Boa
estabilidade**



**Problemas de
estabilidade**

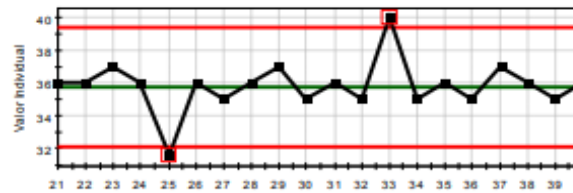


Figura 7 - Dados discriminatórios [5]

4.2.1 Interpretação da carta de controlo.

Na interpretação da carta de controlo é feito a verificação de existentes linhas delimitadas em três zonas: A, B e C (ou 3σ , 2σ e 1σ), com objetivo de verificar se o processo está sobre controlo com base na norma ISO 8258 (1991). [11]

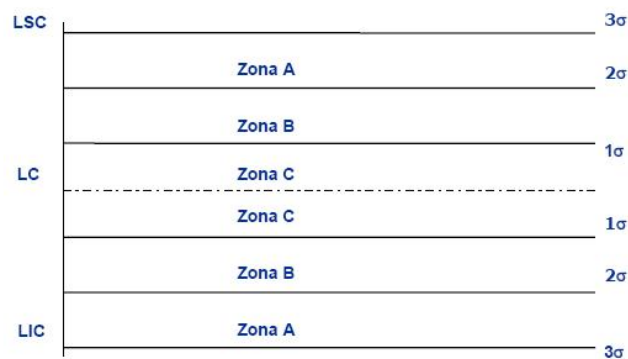


Figura 8 – Interpretação das zonas da carta de controlo [11]

Um processo está fora do controlo estatístico sempre que se verifique uma destas regras:

- Regra 1 – Um ponto qualquer fora dos limites de controlo (limites).
- Regra 2 – Nove pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central.
- Regra 3 – Seis pontos consecutivos em sentido ascendente ou descendente.
- Regra 4 – Catorze pontos crescendo e decrescendo alternadamente.
- Regra 5 – Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central.
- Regra 6 – Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central.
- Regra 7 – Quinze pontos consecutivos na zona C.
- Regra 8 – Oito pontos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

[11]

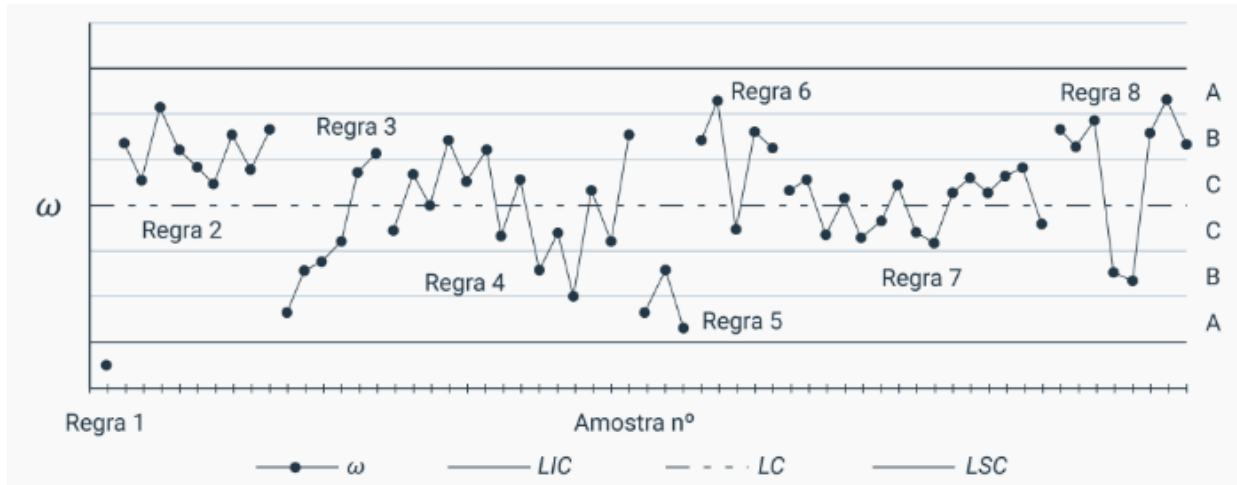


Figura 9 - Padrões aleatórios da carta de controlo [12]

4.3. Diagrama de Ishikawa.

O Diagrama de Ishikawa é utilizada para análise de uma falha ou para desenvolver uma mudança no processo. No Diagrama de Ishikawa tem 6 definições de macro causas

possíveis de falhas no processo, nas 6 definições temos subdefinições em cada uma delas, na sua elaboração primeiramente selecionamos o efeito, segundo reunir um conjunto de possíveis causas, terceiro as causas definidas são discutidas, quarto passo a finalização da melhoria. O Diagrama de Ishikawa demonstra que uma falha pode ocorrer devido a vários fatores e de compartilhar conhecimentos sobre o assunto em causa onde todos os participantes passam a ter um bom entendimento do processo gerando ideias para melhorias através das micro causas, podendo ser usado tanto na área industrial, hotelarias, restaurantes entre outros. Na análise do Diagrama de Ishikawa são precisos alguns cuidados nos seus preenchimentos por que existem causas que nem sempre surgem de onde esperamos que seja, por isso é importante a recolha de dados analisados para que possam ser investigados e que comprovem se realmente fazem parte do problema em causa.

4.3.1. Classificação da metodologia do diagrama são os 6M:

- Material: Conformidade dos materiais em uso;
- Método: Metodologia aplicada no processo;
- Mão-de-obra: Qualificação do colaborador, procedimentos não apropriado;
- Máquina: Falhas que ocorram processo da máquina;
- Medida: Forma de medição, instrumentação e indicadores envolvidos;
- Meio ambiente: Tudo o que afeta o meio ambiente como a poluição.

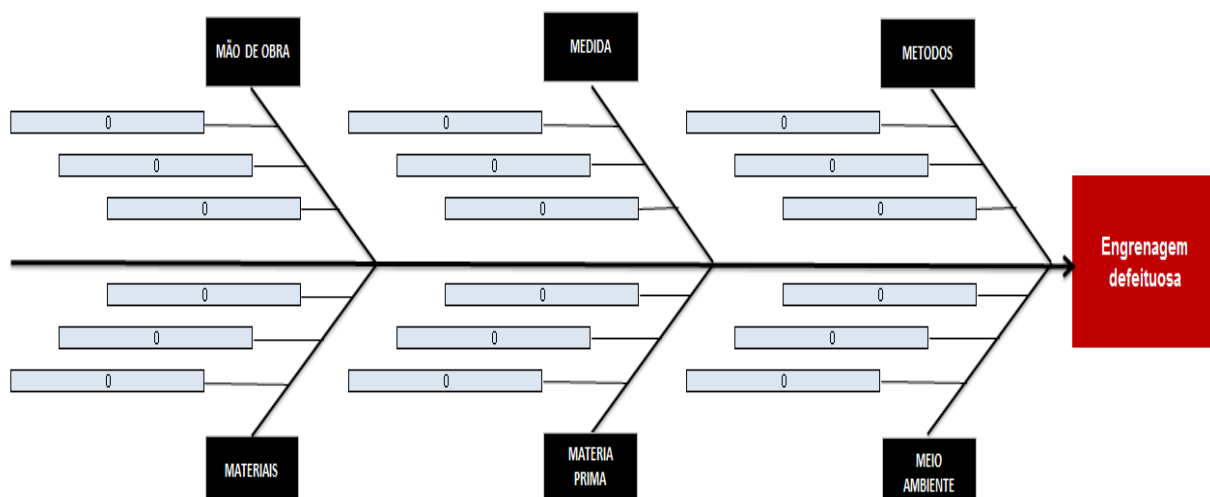


Figura 10 - Diagrama de Ishikawa [4]

4.4. Folhas de verificação.

As folhas de verificação são elaboradas de acordo com os parâmetros do processo do produto, são tabelas preenchidas de maneira fácil pelos colaboradores do controlo de defeito, esses preenchimentos ficam registados e passam a ser um histórico dessas verificações que são normalmente analisadas pela qualidade, supervisores e pela engenharia, assim é possível fazer melhorias no processo ou ter uma previsão de avarias ou de uma não conformidade.

4.5. Histograma.

O histograma é uma apresentação gráfica, de modo analisar um conjunto de dados de uma tabela, pondendo ter uma melhor visualização dos resultados obtidos, permitindo comparar os resultados com os valores pretendidos em cada uma das classes. Na figura 9 temos um histograma que permite a verificação da análise de limalhas existêntes nos furos M12, M10, M7 e M6 de uma peça maquinada em uma CNC contendo oito postos em todos os postos as peças são analisadas na lupa, os resultados são preenchidos em uma tabela na folha Excel e assim é gerado um gráfico para melhor percepção das peças produzidas com limalhas no furo roscado, o tipo do furo roscado em causa e da ferramenta que esta causando as limalhas. No caso da empresa temos dez CNC e através de uma folha do Excel é possível perceber de forma instantânea a máquina e o posto que esteja causando as limalhas e assim verificar o estado da ferramenta ou se é preciso intervenção por parte da manutenção.

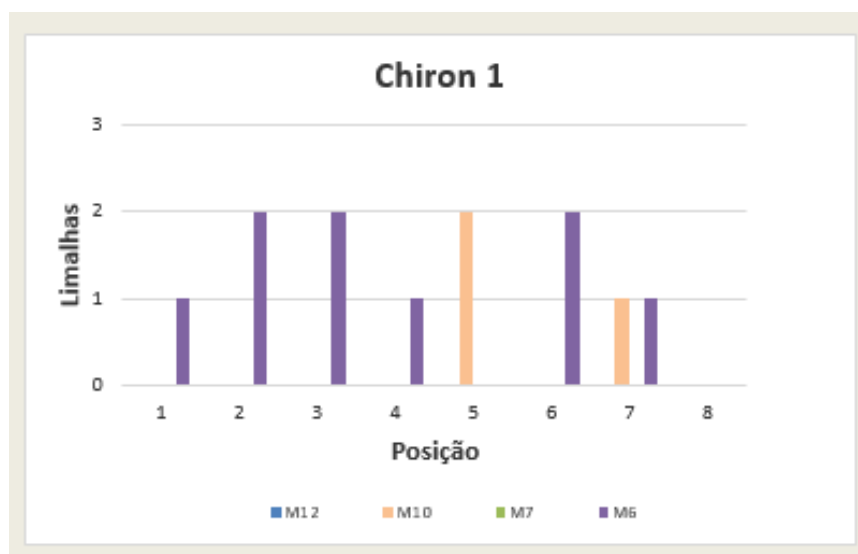


Figura 11 - Histograma [4]

4.6. Gráfico de dispersão.

O gráfico de dispersão é utilizado para um estudo da relação entre duas variáveis, ou seja, a causa e efeito, por exemplo quando o resultado de y afeta os resultados de x que no caso podemos dizer que x (efeito) é uma variável dependente e y (causa) uma variável independente, $x=f(y)$, sendo assim um estudo da correlação das duas variáveis.

Os resultados obtidos são selecionados e inseridos no gráfico de dispersão e assim podemos observar os números de amostras relacionando com a linha de tendência ($y=bx+a$).

No exemplo de simulação abaixo na figura 9 mostra o consumo de um carro em relação à sua velocidade e é possível verificar quanto maior é a sua velocidade melhor será o seu consumo.

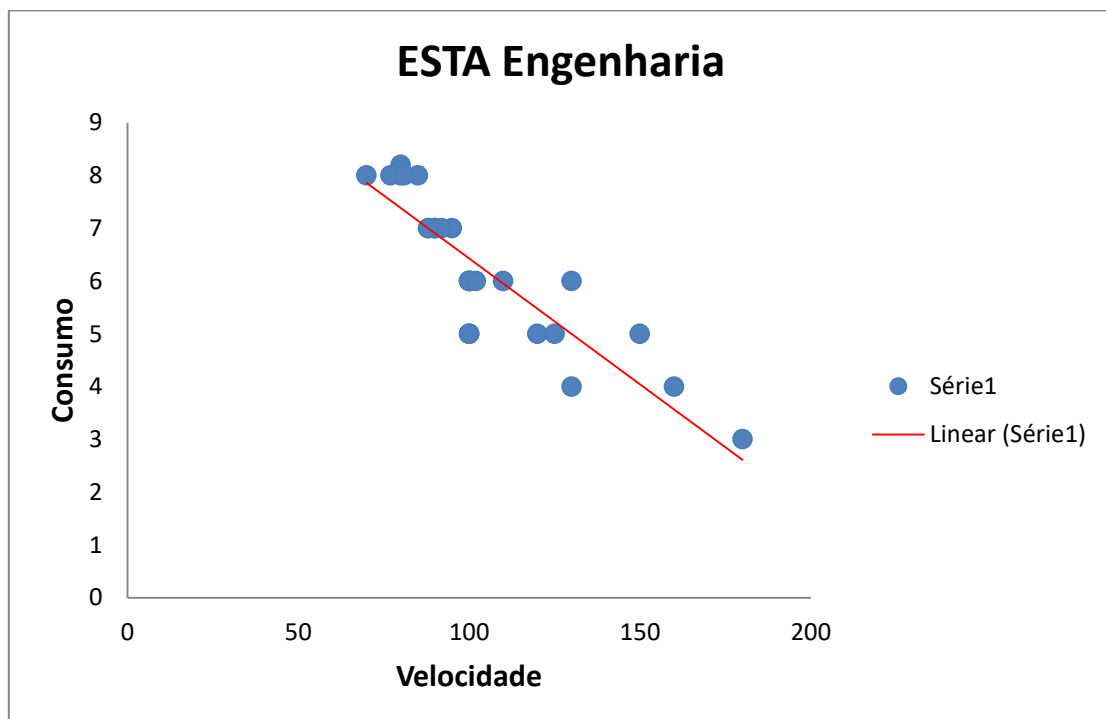


Figura 12 - Gráfico de dispersão [10]

4.7. Diagrama de Pareto.

O diagrama de Pareto ajuda a definir das variadas não conformidades a que devemos agir primeiro, o qual irá trazer um melhor resultado, é feito um check List dos defeitos existentes no setor, adicionamos uma coluna com a percentagem de cada defeito, a seguir é criado um gráfico como representado na figura 13, onde tem uma coluna com os números de defeito e uma linha de frequência que demonstra a percentagem de cada tipo de defeito. Após o gráfico criado a qualidade mantém o foco no problema em causa definindo uma task force e um plano de ações. O diagrama de Pareto tem como definição que 80% dos defeitos geridos são causados por 20% dos tipos de defeitos. Temos na figura 13 um exemplo real de uma fabrica em que os dois primeiros defeitos, fornecedor e rombo, constituem 20% das causas e com a resolução desses defeitos vamos ter então resolvidos 80% dos problemas.

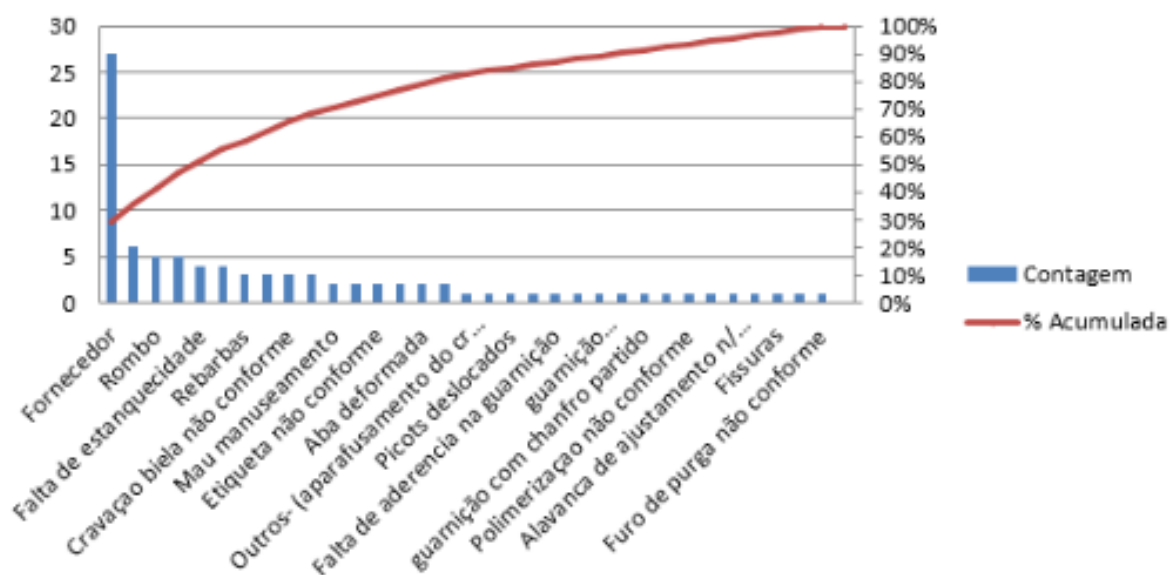


Figura 13 - Gráfico de Pareto [4]

5. Controlo estatístico do processo.

De forma podermos avaliar os parâmetros da qualidade, de um produto ou processo, surgiu controlo estatístico do processo que através dessa ferramenta é possível sabermos o desempenho funcional, confiabilidade, fazer melhorias, e a conformidade do produto em relação às especificações mantendo um padrão. Com base nos dados de medições das amostras feitas pelos operadores de linha, por exemplo, às medições

registadas na carta de controlo é feito uma análise dos valores apresentados e se estão dentro dos limites de especificações. As ocorrências de variabilidades do processo identificam causas que podem comprometer a qualidade do produto a tempo real através das amostras. Esta forma de monitorização é fundamental para que possamos estudar e controlar os parâmetros de forma a que não saia dos limites de especificação. Todo processo possui variações que estão definidas em dois tipos:

5.1 Causas comuns:

As causas comuns são variações padrões que ocorrem no processo, variações que dificilmente podem por em causa a qualidade do produto, portanto nem sempre se justifica economicamente o investimento da sua melhoria, considerado um processo estável.



Figura 14 - Causas comuns (aleatórias) [6]

5.2 Causas especiais:

As causas especiais são causas instáveis no processo que não podemos prever o estado de conformidade do produto, aumenta o refugo, os custos da produção, a solução tem de vir em curto prazo uma vez que o processo sai de seu padrão.

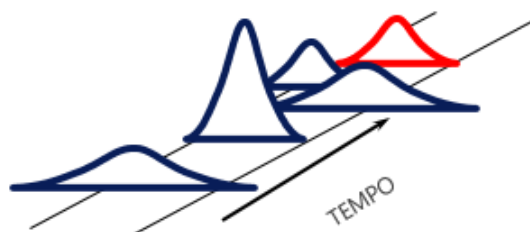


Figura 15 - Causas especiais [6]



5.3 Objetivos do controlo estatístico do processo.

Com a produção em massa a qualidade dos produtos passou a ter uma abordagem sobre outra ótica, com controlo de produtos estatisticamente estáveis, detetar o defeito o quanto antes e que possam atender aos clientes. Nos dias de hoje muitos produtos tem essa exigência do controlo estatístico do processo pelo cliente que é uma forma de prever a qualidade do produto ou se existe alguma melhoria no processo a fim de evitar surpresas no uso dos produtos.

6. Classificação de não conformidades.

A classificação de não conformidade surge num âmbito em que podemos avaliar o grau de impacto do defeito no produto não conforme, uma vez que existem cotas funcionais, cotas de segurança que podem causar risco ao consumidor, entre outros tipos, com que faz que o produto seja inseguro para o mercado. As não conformidades de alto nível pode fazer com que a empresa fique suspensa do seu certificado do Sistema de Gestão, caso seja detetado em uma auditoria.

Uma não conformidade pode ser classificada por diferentes tipos do maior para o menor, se uma peça tem defeito então é uma peça não conforme, mas nem toda peça não conforme representa que seja um defeito.

A classificação dos não conformes é uma maneira de poder abordar com eficiência os riscos de cada tipo de defeito e dar prioridade ao tratamento dos defeitos com maior risco ao produto, não menosprezando os tratamentos dos defeitos com menos prioridade.

De forma a classificar uma determinada não conformidade com seu efeito, probabilidades, severidade e detecção da ocorrência, de modo a ter uma melhor análise dos riscos e melhor precisão, surgiu uma nova tabela 1 de classificação em alternativa ao NPR, de modo poder contemplar eficazmente as prioridades dos riscos envolvidos e melhor resposta para ações a serem feitas.



Tabela 1 - Classificação de não conformidades [9]

| Efeito | Severidade | Previsão de Ocorrência de Falha | Ocorrência | Capacidade de Detecção | Detecção | Priorização | |
|------------|------------|---------------------------------|------------|------------------------|----------|-------------|-------|
| Altíssimo | 9 à 10 | Altíssima | 8 à 10 | Baixíssima | 7 à 10 | Alta | |
| | | | | Moderada | 5 à 6 | | |
| | | | | Alta | 2 à 4 | | |
| | | | | Altíssima | 1 | | |
| | | Alta | 6 à 7 | Baixíssima | 7 à 10 | | |
| | | | | Moderada | 5 à 6 | | |
| | | | | Alta | 2 à 4 | | |
| | | | | Altíssima | 1 | | |
| | | Moderada | 4 à 5 | Baixíssima | 7 à 10 | | Média |
| | | | | Moderada | 5 à 6 | | |
| | | | | Alta | 2 à 4 | | |
| | | | | Altíssima | 1 | | |
| | | Baixa | 2 à 3 | Baixíssima | 7 à 10 | Alta | |
| | | | | Moderada | 5 à 6 | Média | |
| | | | | Alta | 2 à 4 | Baixa | |
| | | | | Altíssima | 1 | | |
| Baixíssima | 1 | Ambos Extremos | 1 à 10 | | | | |

7. Capabilidade do processo.

A capabilidade do processo é de extrema importância na gestão da qualidade e hoje em dia é pedido por várias empresas os seus resultados, por ser uma forma de saber se a empresa fornecedora é capaz de produzir os seus produtos em conformidade com as especificações. A capabilidade do processo nos fornece a probabilidade de atender as especificações que o cliente deseja do seu produto e por esse motivo é comum que os compradores peçam o cálculo dos índices de cp ou cpk periodicamente, por exemplo, uma montadora que compra em grandes quantidades de peças que vão ser montadas na sua linha de produção precisa ter uma confiança em que as peças do fornecedor vão se encaixar de forma prevista no processo para que não haja paragem de linha da montagem, defeitos imprevistos e que afeta sua qualidade do produto.



A carta de controlo diz-nos se o processo é estável, mas isso não significa que atende as especificações, quando maior o desvio padrão menor vai ser a qualidade, assim temos a capacidade do processo de forma avaliar os parâmetros de cp e cpk que nos ira dizer se o processo é capaz ou incapaz.

7.1 Análise e índices da capacidade do processo.

Com os resultados obtidos da carta de controlo e feito um calculo através de umas fórmulas onde podemos obter os resultados da capacidade do processo Cp onde:

$$Cp = \frac{\text{Largura da especificação}}{\text{Largura (dispersão do processo)}} = \frac{USL - LSL}{UCL - LCL} \quad (7.1.1)$$

O calculo do Cp é quando assumimos que o gráfico é centrado, ou seja, o eixo nominal se encontra no meio dos dois limites superior e inferior, medir a variabilidade do processo considerando a média, isso nem sempre acontece e quando há um desvio do centramento do eixo então fazemos o calculo do Cpk, que é uma forma de correção, onde:

$$Cpk = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \quad \text{OU} \quad \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \quad (7.1.2)$$

Para os cálculos dos Cpk, Cpk superior e Cpk inferior, assumimos sempre o valor menor correspondente do resultado das fórmulas acima referidas, o calculo do Cpk é igual ao Cp se o eixo nominal for centrado.

O cálculo do Cm/Cmk considera a variabilidade do processo em relação ao nominal/objetivo e a média do processo de uma determinada máquina, onde:

$$Cm = \frac{(\text{Limite superior} - \text{Limite inferior})}{6 \times \sigma} \quad (7.1.3)$$



$$Cmk = \text{Min} \left(\left(\frac{\text{Limite superior} - \text{Valor medio}}{3 \times \sigma} \right), \left(\frac{\text{Valor medio} - \text{Limite inferior}}{3 \times \sigma} \right) \right) \quad (7.1.4)$$

Assim com os resultados obtidos do Cp/Cpk/Cm/Cmk podemos averiguar se o processo é capaz ou incapaz fazendo a comparações dos resultados com a classificação abaixo:

< 1 – Processo classificado como incapaz;

= 1 > 1,33 – Processo classificado com razoável, ou seja é capaz;

> 1,33 – Processo classificado como altamente capaz.

Em alguns casos pode ser relativa essa classificação consoante o tipo de precisão de cada produto o cliente pode exigir uma classificação maior.

A classificação Cp/Cpk do processo referido no parágrafo anterior é um ponto de referência consoante à precisão produto, há determinados tipos de produções que não são aplicáveis a esse tipo de classificação, a exceção das indústrias automotivas e aeronáuticas.

A classificação do Pp/Ppk do processo mede o índice de performace, nota-se que a fórmula é parecida ao Cp/Cpk, a diferença está na dispersão do processo, ou seja, calculo é feito a longo prazo, não é a variação dentro da amostra que é considerada e sim a variação global do processo onde S é o desvio padrão da população.

$$P_p = \frac{LSE - LIE}{6s} = \frac{\text{variação permitida dentro das especificações}}{\text{variação do processo no passado}} \quad (7.1.5)$$

$$P_{pk} = \frac{\min((\bar{X} - LIE), (LSE - \bar{X}))}{3s} \quad (7.1.6)$$

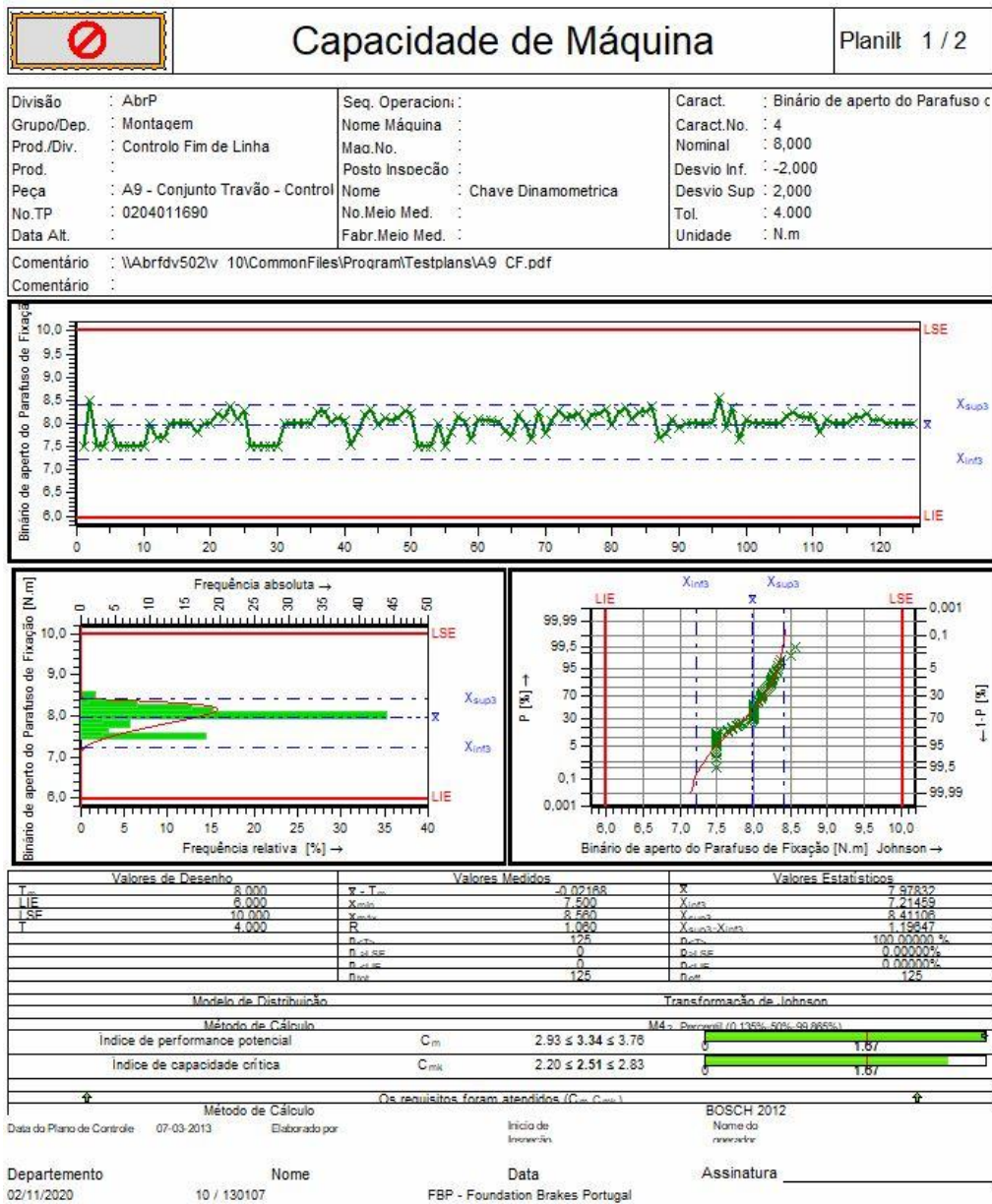


Figura 16 - Resultados da Capabilidade do Processo [8]

Os resultados da capacidade do processo da figura 16, controlo de aperto do parafuso dos travões, que tem como definição nominal 8N.m ±2, podemos observar os dados da carta de controlo estão aproximados do nominal, o que é muito bom, obteve um valor para C_m de 3,34 e C_{mk} 2,51. Essa diferença de valores pode se observar no gráfico de curva de distribuição normal onde C_m é o espalhamento dos valores centralizados dos resultados, quando mais a curva do gráfico for centralizada melhor será o processo, e C_{mk} é o centramento dos valores em relação aos limites inferior e superior.

7.2 Procedimento iterativo de melhoria.

Um processo normal com sua variabilidade dentro do processo estatístico, ou seja, apenas com causas comuns, deve estar sempre em constante processo de melhoria. Com análise nos resultados estatísticos é possível identificar o posto com mais variação e incrementar a sua melhoria, o objetivo é ter os valores mais centrados o possível no objetivo, assim podemos prever seu comportamento na qualidade dos produtos. No processo de melhoria tem como finalidade a redução da variação das causas comuns, mas nem sempre é possível, existem causas comuns que não se justifica economicamente a sua melhoria.

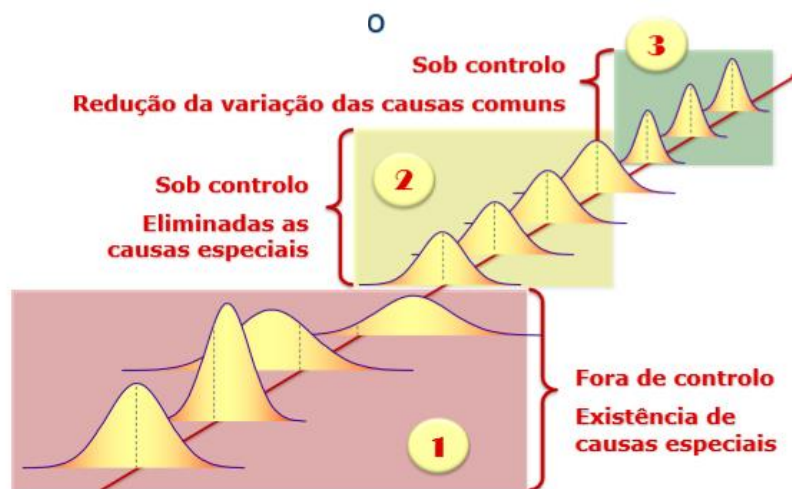


Figura 17 - Evolução do processo [3]

Um processo estável não quer dizer que seja capaz de atender os critérios de qualidade, a capacidade no processo definirá se é capaz ou incapaz.

7.2.1 Tipos de avarias comuns em máquinas.

Existem determinados tipos de avaria comuns em máquinas que podem influenciar para determinadas causas comuns e especiais como é o caso de desgaste de componente que geram vibrações, aquecimento excessivo, falha na distribuição do ar em máquinas pneumáticas, folgas, derrames, falta de lubrificação, falta de manutenção e etc..

Muitas vezes o operador detecta uma avaria através de sons anormais.

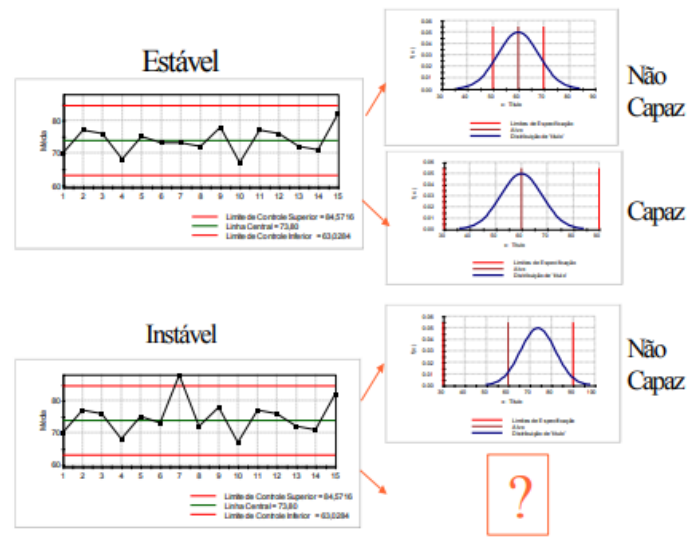


Figura 18 - Avaliação da capacidade de um processo estável versus instável [5]

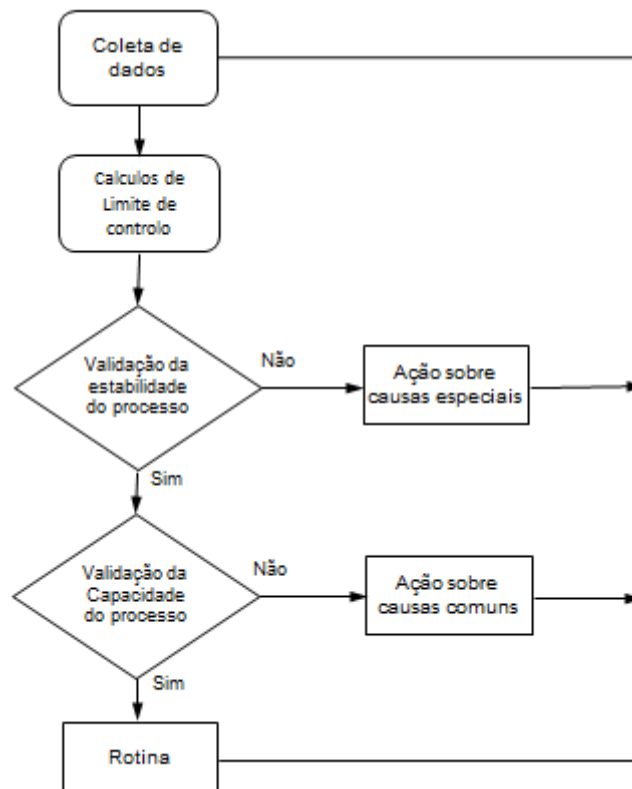


Figura 19 - Procedimento iterativo de melhoria [10]

Todos os processos produtivos apresentam variações. O que temos de fazer é estudar e controlar, com o objetivo de que não exceda certos parâmetros considerados admissíveis.



8. Método de análise e solução de problema.

O método de análise e solução de problema é formado por uma sequência de usos de ferramentas da qualidade de uma forma adequada e lógica para poder assim obter o tão esperado resultado satisfatório para solução de um problema. Através das ferramentas da qualidade é possível basearmos em fatos e dados do problema em causa.

Para uma análise de um problema temos que estudar o efeito evidente, e não às possíveis causas, por conhecer o processo deduzimos de onde vem o problema sem fazer a devida investigação no induz a erro. Uma vez identificado a causa raiz do problema passamos para o próximo passo aplicar o diagrama de Ishikawa em conjunto com a equipa multidisciplinar e abordar as diversas causas possíveis, investigar as causas com dados e fatos até o momento de chegar a causa central. Com a causa central conhecida vamos a causa raiz com o uso da ferramenta 5W, 5 porques, questionando o porque da causa central simultaneamente ate chegar na causa raiz. Com a causa raiz conhecida, é feito um plano de ação, com o uso da metodologia 5W2H finalizando a ação corretiva.

8.1 Etapas do PDCA x Ferramentas da Qualidade.

Na primeira face do PDCA, planear, são utilizadas as seguintes ferramentas da qualidade, o diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, fluxograma, coleta de dados, brainstorming e podendo ou não ser utilizado o diagrama de dispersão.

Na segunda face do fazer, são utilizados o gráfico de controlo, coleta de dados e pode ou não ser utilizado o histograma.

Na terceira face da verificação, são utilizados o gráfico de controlo, coleta de dados e o histograma.

Na quarta face da padronização, são utilizados o diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, fluxograma, diagrama de dispersão, carta de controlo, histograma e podendo ou não ser utilizados o brainstorming e a coleta de dados.

Tabela 2 - Ferramentas da Qualidade no PDCA

| | P | D | C | A |
|-----------------------|---|---|---|---|
| Diagrama de Pareto | X | | | X |
| Diagrama de Ishikawa | X | | | X |
| Diagrama de Dispersão | O | | | X |
| Gráfico de Controlo | | X | X | X |
| Histograma | | O | X | X |
| Fluxograma | X | | | X |
| Brainstorming | X | | | O |
| Coleta de dados | X | X | X | O |

Legenda: X = Frequente; O = Eventual

9. Folha de resolução de problema.

A folha de resolução de problema é uma ferramenta utilizada para o preenchimento dos dados obtidos de um determinado problema para que se possa fazer o seguimento da análise do problema até sua finalização. É de vital importância que a criação da folha de resolução de problema seja feita de modo a incorporar as ferramentas da qualidade de acordo com o método de resolução para uma maior eficácia na conclusão do problema.

Conclusão.

Com este trabalho do Mestrado em Projeto da Produção Mecânica, foi possível interpretar e analisar as ferramentas da qualidade, resultados obtidos da capacidade do processo, a fins de comparar resultados do projetado e do que foi produzido. Com os resultados da estatística do processo, podemos monitorar a eficiência que o produto está a ser produzido, assim como fazer correções no processo seja de controlo qualidade ou do processo em busca da perfeição. É de vital importância que se tenha uma equipa multidisciplinar, com formações específicas, para que se possa ter um processo adequado à indústria, assim como a presença da melhoria contínua presente. Consoante o tipo de produto a ser produzido temos que ter em conta o tipo de análise a ser imposto no processo e contar com operadores capacitados para o serviço. É notório que todos fazem parte da qualidade, deste do operador ao departamento da engenharia. Sendo fundamental todos através dos resultados obtidos nas ferramentas da qualidade fazerem parte da melhoria do seu setor.



Referências Bibliográficas.

- [1] <https://es1421003145.wordpress.com/2014/06/26/las-5ss-en-el-ambito-educativo/>
16:15 13-03-2020
- [2] <https://betaeq.com.br/index.php/2016/04/13/ferramentas-para-melhoria-continua-dos-processos/> 14:00 10-01-2020
- [3] <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/controle-estatistico-de-processo>
23:00 23-03-2020
- [4] Autor, desenvolvido para Hitachi Automotive Systems.
- [5] www.producao.ufrgs.br > arquivos > disciplinas > 388_apostilacep_2012
12:00 18-03-2020
- [6] https://www.infoescola.com/administracao_/principios-da-gestao-da-qualidade/
11:50 14-03-2020
- [7] CBI – Sinmetro 12:00 18-10-2020
- [8] Hitachi automotive systems 12:00 18-10-2020
- [9] <https://playindustrial.com.br/> 10:00 20-03-2020
- [10] Autor, desenvolvido para exemplo.
- [11] https://pt.wikipedia.org/wiki/Conta_de_controlo 17:00 06-12-2020
- [12] <https://www.accept.pt/cartas-de-controlo-principais-regras/> 17:20 06-12-20