

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Fabício Salgado Maia Andreucci
Rafael Garcia Lopes Alves

**ANÁLISE DE DADOS PARA DIMINUIÇÃO DE QUEBRAS DE
FERRAMENTAS**

Taubaté - SP
2018

**Fabrcio Salgado Maia Andreucci
Rafael Garcia Lopes Alves**

**ANÁLISE DE DADOS PARA DIMINUIÇÃO DE QUEBRAS DE
FERRAMENTAS**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador (a): Prof.Me. Ivair Alves dos Santos

Coorientador (a): Prof.Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani

**Taubaté – SP
2018**

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

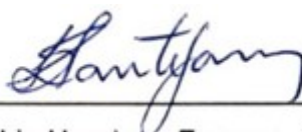
A561a Andreucci, Fabrício Salgado Maia
Análise de dados para diminuição de quebras de
ferramentas. / Fabrício Salgado Maia Andreucci, Rafael Garcia
Lopes Alves. - 2018.
46f. : il; 30 cm.
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2018
Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos,
Coorientador: Prof. Me. Fábio Henrique Fonseca
Santejani, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.
1. DMAIC. 2. Custo. 3. Produtividade. I. Título.

**Fabício Salgado Maia Andreucci
Rafael Garcia Lopes Alves**

**ANÁLISE DE DADOS PARA DIMINUIÇÃO DE QUEBRAS DE
FERRAMENTAS**

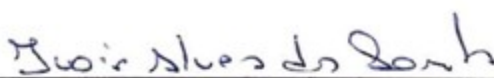
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof.Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof.Me. Ivair Alves dos Santos
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Antonio Carlos Tonini
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

15/06/2018

Dedico este trabalho aos nossos familiares, amigos,
namoradas e aos nossos Professores.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus fonte de força, graça e vida que me ajudou a superar todas as dificuldades.

Agradecemos as nossas famílias, amigos e amores pela compreensão, incentivo e apoio incondicional, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Professor (MSC) Ivair Alves dos Santos, orientador, e Professor (MSC) Fábio Henrique Fonseca Santejani, co-orientador, por todo o apoio e confiança depositado durante todo o processo, pela admirável capacidade de compartilhar a própria experiência e a dedicação para a realização do trabalho.

Ao Professor (MSC) Antônio Carlos Tonini por aceitar compor a banca examinadora e a todos os professores que nos proporcionaram o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter profissional, onde, terão nosso eterno agradecimento.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

A todos nosso muito obrigado.

“Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma
coisa e esperar resultados diferentes”
(Albert Einstein)

RESUMO

Nos dias de hoje as indústrias envolvidas com fresadoras estão sempre buscando aumentar a sua competitividade para atender a demanda do mercado. Melhora a qualidade sobre seus produtos finais e o processo de fabricação são os focos estratégicos para garantir o sucesso. No caso particular do processo de fresagem em ambiente fabril, existem algumas indústrias que optam por trabalhar com gestor de ferramentas, a fim de controlar a produtividade e os custos do processo. Entretanto, nesta dissertação, sugerir-se que é essencial ter vários profissionais capacitados e engajados diretamente na produção, para estilizar melhorias dentro do processo de fabricação. Portanto, seguindo o procedimento da empresa pesquisada, o objetivo deste trabalho é utilizar a metodologia Seis Sigma (6σ) para o gerenciamento e estudos dos diferentes tipos de ferramentas e mecanismos durante o processo de usinagem de borda. Além disso, foram considerados todos os fatores que provocam a retirada prematura da ferramenta da máquina. A metodologia escolhida para a realização do projeto foi o DMAIC (Definir Medir Analisar Implementar Controlar), que foi realizado com auxílio da equipe interna da empresa. Depois da aplicação do DMAIC, foi possível encontrar resultados que mostraram a possibilidade de introdução de novas ferramentas e melhorias no procedimento de controle. Possibilitando a diminuição dos fatores que influência na troca prematura da ferramenta e atuando diretamente no controle de quebras. Enfim, este trabalho tem o compromisso de contribuir para a redução de custos e aumento de produtividade das áreas avaliadas.

Palavras-chave: DMAIC, Custos, Produtividade.

ABSTRACT

Nowadays, the industries involved with milling machines are always seeking to increase their competitiveness to fit on the market. Improving quality over your final products and manufacturing process are the strategic focus to ensure success. In the particular case of the milling process in the manufacturing environment, there are some industries that choose to work with the tools manager in order to control the productivity and the process costs. However, in this dissertation, it is suggested that it is essential to have several professionals trained and engaged directly in the production area, to design improvements within the manufacturing process. Therefore, following the procedure of the company researched, the purpose of this present work is to use the Six Sigma methodology (6σ) for the management and studies of the different types of tools and mechanism during edge milling process. The procedure also included, to consider the behavior of the operators in the machine preparation. In addition, all the factors that cause premature withdrawal of the machine tool were considered. The methodology chosen for the realization of the project was the DMAIC (Define Measure Analyze Implement Control), which was carried out with the help of the internal team of the company. After the application of the DMAIC, it was possible to find results that showed the possibility of introducing new tools and improvements in the control procedure. What made possible the decrease of the factors that influence the premature exchange of the tool and acting directly in the control of breaks. Finally, this work is committed to contribute to the reduction costs and increase productivity of the evaluated areas.

KEYWORDS: DMAIC, Productivity, Cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tabela desgaste Inserto.....	22
Fonte: Pires (1997).....	22
Figura 2 - Mecanismos de desgaste e suas implicações para o fresamento.....	24
Fonte: Pires (1997).....	24
Figura 3 - Diagrama de Pareto.....	31
Fonte: Baba (2008).....	31
Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito.....	32
Fonte: Rodrigues (2009).....	32
Figura 5 - Lista de Verificação.....	33
Fonte: Rodrigues (2009).....	33
Figura 6 - Gráfico de Controle.....	34
Fonte: Rodrigues (2009).....	34
Figura 7 - Quantidade de Pastilhas Substituídas.....	35
Fonte: Próprio Autor.....	35
Figura 8 - Quantidade de chapas usinadas por ferramentas substituídas.....	36
Fonte: Próprio Autor.....	36
Figura 9 - Espinha de Peixe.....	37
Fonte: Próprio Autor.....	37
Figura 10 - Custo de Pastilha Quadrada.....	38
Fonte: Próprio Autor.....	38
Figura 11 - Gráfico das Principais Causas.....	38
Fonte: Próprio Autor.....	38
Figura 12 - Quantidade de Pastilhas Substituídas Após Melhoria.....	40
Fonte: Próprio Autor.....	40
Figura 13 - Custo da Ferramenta Quadrada.....	41
Fonte: Próprio Autor.....	41
Figura 14 - Relatório de Controle.....	42
Fonte: Próprio Autor.....	42
Figura 15 - Gráfico de Controle.....	42
Fonte: Próprio Autor.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar.
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
CEP	Controle estatístico de Processo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVO	14
1.2.1.	OBJETIVO GERAL	14
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA.....	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	QUALIDADE	16
2.2	DMAIC	18
2.2.1	FASE DEFINIR	19
2.2.2	FASE MEDIR.....	19
2.2.3	FASE ANALISAR.....	20
2.2.4	FASE MELHORAR	20
2.2.5	FASE CONTROLAR.....	20
2.3	GERENCIAMENTO DE FERRAMENTA DE USINAGEM.....	21
2.4	GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS E CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	21
2.5	CUSTOS DE USINAGEM.....	21
2.6	AVARIAS E DESGASTE DE FERRAMENTAS.....	22
2.6.1	DESGASTES	23
2.6.1.1	MECANISMOS DE DESGASTES.....	23
2.6.2	VIDA DE FERRAMENTAS.....	24
2.6.3	FLUÍDOS DE CORTE	25
2.7	MANUTENÇÃO	25
2.8	SETUP.....	26
3	MÉTODOLOGIA	27
3.1	CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA	27
3.1.1	DE ACORDO COM A ABORDAGEM	27
3.1.2	DE ACORDO COM O OBJETIVO	27
3.1.3	DE ACORDO COM OS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	28
4	DESENVOLVIMENTO	30
4.1	FERRAMENTAS.....	30
4.1.1	DIAGRAMA DE PARETO	30
4.1.2	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	31
4.1.3	LISTA DE VERIFICAÇÃO.....	32
4.1.4	GRÁFICO DE CONTROLE.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5.1	DEFINIR.....	35
5.2	MEDIR	36
5.3	ANALISAR	39
5.4	IMPLEMENTAR.....	39
5.5	CONTROLAR	41
6	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

Devido à evolução constante nas indústrias que utilizam o processo de usinagem para fabricação de seus produtos, vem gerando grande necessidade de melhorias continua nos processos.

Tratando-se do setor de usinagem, o risco ainda é maior, pois obtendo peças com mais qualidades, quem participa do processo acredita ter alcançado os objetivos. Mas esta situação pode estar escondendo alguns erros do dia a dia comum nos processos de usinagem.

Assim forçando o setor de usinagem desenvolver novas ferramentas de corte, aumentar o tempo de ciclo, verificar novos parâmetros, visando aumentar a qualidade, confiabilidade destas ferramentas e conseqüentemente o aumento na produtividade.

Esta preocupação ocorre devido aos altos custos destas ferramentas, e com as paradas de produção para efetuar as trocas de ferramentas quebradas. Com essa evolução há a necessidade de desenvolver ferramentas cada vez mais personalizadas e que garanta a confiabilidade ao processo.

Para cada tipo de processo há a necessidade de pesquisas para a adequação na fabricação, evitando assim a quebra repentina de ferramentas.

Hoje em dia as grandes empresas subcontratam fornecedores de ferramentas, alojados nos seus interiores, prática considerada moderna para nossos tempos. Tendo como objetivo contar com as ferramentas sempre que necessário e de forma mais rápida possível, dentro do conceito "Just in Time". Porém tem um lado negativo, pois estes fornecedores têm como objetivo vender estas ferramentas. Desta maneira não tendo o compromisso de levantamentos de resultados da produção e desempenho no processo. Sendo assim tendo como objetivo as metas de preços imposta pela Empresa contratante.

Houve a necessidade de aplicação da metodologia 6sigma devida á grande importância que esta ferramenta proporciona.

Neste trabalho foi avaliado o estado das ferramentas no processo de usinagem, após um tempo determinado de uso os operadores realizam o descarte

alegando que atingiu sua vida útil. Após confrontarmos os dados obtidos pelos operadores e analisar o estado físico de cada ferramenta, obtivemos um sinal de alerta, assim sendo necessário fazer o levantamento destes dados utilizando a ferramenta DMAIC.

DMAIC irá nos direcionar da seguinte maneira:

Definir – definição dos problemas ou oportunidades de melhorias vinculadas ao processo de alto impacto. É muito importante fazer este levantamento de forma quantitativa. Esta fase é baseada em cinco etapas: 1ª Formação da equipe do projeto, 2ª Documentação dos processos de negócios do cliente, 3ª Briefing do projeto, 4ª Desenho de um mapa SIPOC, 5ª Finalização da fase de definição.

Medição – trata da documentação atual do processo, validando suas mediadas e criando uma linha de base. É importante a utilização de algumas ferramentas como, gráficos de pareto, espinha de peixe. Esta fase é baseada em quatro etapas: 1ª Plano para coletas de dados, 2ª Coletas de dados, 3ª Análise dos dados, 4ª Análise de modos de falha e efeitos.

Análises – realizar os cruzamentos estatísticos para determinar a relação entre causas e efeitos. Esta fase é baseada em cinco etapas: 1ª Análise de causa raiz, 2ª Análise de processos, 3ª Análise de dados, 4ª Análise de recursos, 5ª Análise de comunicação, conclusão.

Melhorias – aplicar as melhorias nas causas problemas. Nesta fase o mais importante é a elaboração do Plano de Ação pela equipe envolvida, devendo conter: 1ª Ação a ser tomada, 2ª Responsável por cada ação, 3ª Data prevista da implementação, 4ª Data de emissão do documento e data revisão, 5ª Indicador de acompanhamento das ações.

Controlar – verificar e avaliar se as melhorias estão ocorrendo como prevista e se os resultados são contínuos. Esta fase é baseada em três etapas, 1ª Documentar as mudanças, 2ª Monitoramento contínuo, 3ª Conclusão do projeto.

A importância da metodologia DMAIC juntamente com suas técnicas estatísticas tem como objetivo gerar novos produtos com prontidão de prazos e diminuir os custos, além de processos mais eficientes, diminuindo as perdas, tornando a empresa mais competitiva no mercado.

Cada dia mais se torna imprescindível cumprir os prazos e diminuir os custos dentro dos processos, este fatos se dá pela competição acirrada no meio corporativo. Este objetivo está ligado diretamente ao setor de engenharia e comercial, pois são eles que têm o compromisso de manter um relacionamento programado com fornecedores e aperfeiçoar parâmetros e processo para uma produção mais eficaz, aumento da qualidade e menores custos para as empresas.

Com a aplicação do DMAIC, as empresas que utilizam desta ferramenta, estão se tornando cada vez mais competitivas, por meio de transformações importantes nos seus processos. Esta ferramenta é imprescindível para análise de falhas em qualquer área da empresa, onde haja necessidade de ser aplicada esta metodologia. Este trabalho tem como foco análise das ferramentas utilizadas nos processos de fabricação.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho teve como base o levantamento de quebras de ferramentas em uma indústria da nossa região, onde são utilizadas ferramentas de corte com alta precisão e parâmetros elevados.

Verificou-se que algumas ferramentas apresentavam alto índice de quebra e desgaste durante o processo, onde foi necessário todo o acompanhamento do processo, maquinário, operador, setup da máquina, tempo reparo.

Após analisar o processo observou-se que o indicador existente necessitava de novos ajustes e parâmetros.

Para auxiliar na análise dos dados foi utilizada a ferramenta DMAIC.

Primeiro passo focou-se na seleção do projeto de alto impacto, onde foram definidos as metas e o escopo do projeto.

Segundo passo, utilizou-se as ferramentas da qualidade, como, pareto, espinha de peixe, gráfico de controle e lista de verificação para podermos realizar todo levantamento dos dados.

Terceiro passo foi levantado às principais entradas do processo e as causas e efeitos, podendo assim ser realizadas os cruzamentos estatísticos para determinar as relações de causas/efeitos.

Quarto passo, foi implementado as melhorias nas causas dos problemas.

Último passo foi de controlar as melhorias do processo e verificar se estão correndo como prevista para que os resultados sejam contínuos.

1.2 OBJETIVO

1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo de caso utilizando a metodologia DMAIC para nos auxiliar na verificação e implementação de melhorias e redução de custo no processo de fabricação que utilizam ferramentas de usinagem. Considerando todos os fatores que leva a quebra destas ferramentas de modo prematuro, parada de produção, assim, evitando os gastos excessivos e compras desnecessárias. Após a análise dos dados concluiu-se que era um processo vantajoso para empresa à aplicação desta metodologia.

1.2.2. Objetivos específicos

Segue abaixo os objetivos:

- Verificar o objetivo e necessidades destas empresas junto com seus parceiros.
- Verificar os fatores que influenciam na qualidade do processo.
- Verificar os processos com alto índice de quebra de ferramentas.
- Verificar os fatores de custo x quebra de ferramentas.
- Criar uma ação com melhorias para cada processo.

Analisar os resultados obtidos e programar indicadores de melhoria continua.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se a implementação por meio de uma metodologia buscando a diminuição dos custos de produção, aumento na qualidade e confiabilidade do processo pela diminuição do uso excessivo de ferramentas. Esta metodologia foi embasada nos conceitos do DMAIC. Após a aplicação foi possível verificar os principais fatores que influenciavam na quebra prematura das ferramentas. Sendo assim, depois deste estudo os autores verificaram o grande impacto que esta metodologia tem dentro de um processo, possibilitando criar um plano de melhoria para a redução dos custos x quebras de ferramentas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A nossa dissertação está estruturada em capítulos conforme descrito abaixo.

O capítulo 1 introduz o tema, o problema que motivou a pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, a delimitação do assunto e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre qualidade, DMAIC, custos, avarias e desgastes.

O capítulo 3 trata da metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta e a obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa na empresa.

O capítulo 4 é apresentado todo o desenvolvimento.

O capítulo 5 é apresentado os resultados e discussões.

O capítulo 6 apresenta as considerações finais, conclusões.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta etapa será aprofundada na metodologia DMAIC, demonstrando todas suas fases, desde elaboração do projeto até suas aplicações. Será detalhado passo a passo as fases de definir, medir, analisar, implementar e controlar, e também os principais aspectos sobre ferramentas e a importância da qualidade no dia a dia das empresas para se manterem competitivas no mercado.

2.1 QUALIDADE

Devido à alta competitividade, os processos de fabricações nas linhas de usinagem estão sendo observado de perto pelos seus gestores e engenheiros do setor. Os custos na usinagem representam uma grande fatia no custo final do produto, influenciando diretamente os balanços anuais das empresas.

Segundo Harry e Schroeder (2000), as empresas que utilizam a metodologia DMAIC em seus processos obtêm redução de custos muito mais rápido que a concorrência. Conseguindo elevar as margens de lucros e garantir maior gratificação de seus clientes.

Segundo Scatolin (2005), aplicando de forma correta a metodologia DMAIC gera um retorno muito maior que o custo para sua implementação.

Segundo Hoerl (2001), a alta popularidade da metodologia DMAIC se dá pelo sucesso de suas aplicações dentro das grandes organizações do mercado atual, como, a Motorola e a GE-General Electric. Pelos resultados obtidos a Motorola recebeu o prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade em 1988 (BREYFOGLE III, 2001).

De acordo com De Sordi (2008), a demanda por soluções otimizadas obrigam as empresas analisarem de forma diferente suas organizações, resultando em ampliar o foco de suas atividades, visando o ponto de vista do mercado.

Segundo Rout *et al.* (2014), as rápidas evoluções econômicas, diminuição contínua da margem de lucro, alta demanda por produtos com maior qualidade, grande diversidade de produtos e tempos menores de espera teve impacto diretamente nas indústrias de manufatura. Resultando em um trabalho focado em

ferramentas de gestão, obtendo um retorno mais rápido em melhorias no processo de fabricação.

Segundo Dapper *et al* (2014), produzir produtos com valor agregado maior, por meio de melhorias no seu processo de fabricação buscando mais qualidade e menor custo, agrega as empresas uma vantagem mais competitiva em meio ao mercado.

Sanders (2001) abordam por meio da metodologia DMAIC o fator de variação da qualidade dos produtos e seu desempenho dos processos que influenciam diretamente nos tempos e nos custos de fabricação, tendo reflexo com a satisfação dos clientes.

O DMAIC garante uma forma organizada e rigorosa da redução da variação dentro dos processos críticos, visando sempre melhorias contínuas que alteram os indicadores da organização e aumentam a confiabilidade dos clientes (SCATOLIN 2005 apud RASIS, 2002).

Segundo Dambhare *et al.* (2013), o Seis Sigma é uma metodologia muito popular utilizada dentro de várias organizações buscando sempre a melhoria de qualidade e produtividade. Aplica-se várias análises detalhadas dentro de um processo para se determinar as causas raízes e a partir disto buscar melhorias satisfatórias. Uma das ferramentas mais utilizadas pelas empresas em diversos problemas é o DMAIC.

Conforme Ramanan *et al.* (2014), DMAIC é uma ferramenta de grande potencial em um negócio, comprovado para melhorar a eficácia da empresa e atingir níveis maiores de desempenho.

O DMAIC foi introduzido ao mercado na década de 80 demonstrando formas de desenvolver estudos estatísticos para medir a qualidade e capacidade do processo (HARRY e SCHROEDER, 2000).

Na maioria dos casos empresas buscam reduzir 10% ou 20% de suas perdas achando que é o suficiente para se sustentar com vantagem no mercado. Porém, as empresas que possuem alto desempenho têm de diferencial uma vantagem de 100 ou até 1000 vezes melhor. Por meio da medição do nível Sigma, mostra-se a lacuna de oportunidades que se tem e o quanto é possível de maneira econômica.

Empresas com um grande diferencial apresentam níveis abaixo de 4 Sigma (WERKEMA 2013).

De acordo com Werkema (2013), a metodologia DMAIC aplicada em um processo para redução da variabilidade, consegue-se aumentar a confiança no desempenho da qualidade de ordem mundial em tudo o que é produzido ou processado.

De acordo Scatolin (2005), é importante perceber que a metodologia DMAIC refere-se a uma linguagem de riscos, negócios, custos e tempo de ciclos, ao invés da linguagem da qualidade, por meio de defeito ou variações. A partir do momento que os profissionais vão se adquirindo conhecimento estratégico do DMAIC, o que no momento é convencional abriu espaço para inovação. E atrás das inovações vem às melhorias para o sucesso.

É de grande importância que todos envolvidos em um projeto de melhoria concordem com a metodologia DMAIC sendo uma necessidade de todos. Significando inclusive a participação e colaboração de todos incluindo a alta gerência. Sendo assim todos devem valorizar a metodologia DMAIC, estando às equipes de acordo em respeitar uma estrutura hierárquica criada para elaboração do projeto, (Scatolin, 2005).

Seis Sigma ensina a todos a melhorar parâmetros até serem atingido um nível de qualidade satisfatório, ou seja, buscando sempre o nível zero defeito e manter este nível contínuo. Sem deixar cair o nível de energia das pessoas combinado com a energia do processo. Conhecimento correto do processo, diferenças de gerenciamentos, escolha correta do projeto e ferramentas estatísticas são essenciais para alcançar e manter o sucesso. Seis Sigma é imensamente disciplinado para garantir o aumento da satisfação do cliente (ANNAMALAI, 2008).

2.2 DMAIC

De acordo com Sunil *et al.* (2013), o DMAIC oferece dados estatísticos de ações que serão realizadas dentro de um processo, desta forma ajuda a ser tomado as melhores decisões com mais eficiência, sendo assim, modifica a metodologia

para direcionamento das empresas em tomadas de decisões de qualidade e produtividade.

Para existir um programa de qualidade como o DMAIC a garantia do sucesso a partir da sua implementação é obtido quando houver planos de ações visando à melhoria da qualidade, ou seja, ajustando orientações estratégicas a qual se deseja atingir (SANTOS, MARTINS, 2010).

2.2.1 Fase definir

Inicia-se o projeto com aplicação da metodologia DMAIC e determina o arranjo de responsabilidades entre todos. O método de assimilação do problema terá que ser avaliado até sua melhor compreensão por todos. Garanta-se que neste caso, todos os envolvidos estejam completamente conscientes dos conceitos do DMAIC. Sendo assim, necessitará deixar claro quais são os objetivos e perspectivas de todos os setores que aguardam por melhorias. Precisarão deixar claras as metas a serem cumpridas e o cronograma com todos os prazos de desenvolvimento do trabalho. Após a estruturação e capacitação da equipe, a mesma estará apta a dar start no projeto.

2.2.2 Fase medir

O objetivo agora é determinar as técnicas para o recolhimento dos dados de desempenho atual do setor avaliado. Os dados recolhidos têm que constar às informações com alto valor de oportunidades de melhorias. Com andamento das medições a equipe começa a perceber o desafio que vem pela frente, mas conforme às informações recolhidas à equipe começa a enxergar as oportunidades de melhorias. Pontos do processo nunca antes observados começam a ficarem mais claros, apontam também a necessidade de recolher novos dados não citados anteriormente, para ter um maior entendimento referente aos problemas contidos no processo.

A coleta de dados nesta etapa é de grande importância para autenticar e mensurar o problema ou a oportunidade, visando definir propriedades e tomadas de decisões sobre os principais critérios (LIN *et al.* 2013).

2.2.3 Fase analisar

Nesta etapa todos os dados recolhidos passam por uma análise detalhada e transformadas para serem verificadas quais as informações são valiosas referentes ao processo do setor analisado. Estas informações serão utilizadas para verificar os problemas presentes. À vezes podem ser realizados levantamentos de novos dados não compreendidos como necessários anteriormente.

Etapa aonde é cumprida o reconhecimento das variáveis que influenciam no processo, tornado-se indispensável descobrir as causas raízes do problema e se investigar aos detalhes, detectando atividade crítica (LIN *et al.* 2013) .

2.2.4 Fase melhorar

Terminada a verificação dos dados e detectados os problemas, a equipe efetua ações de modo que permita reparar os problemas intrínsecos. Tais fatores que implicam no desenvolvimento do processo são os quais originam novas idéias para implementar as melhorias. Estas melhorias podem ser aplicadas em um projeto piloto para que sejam validados os procedimentos, sendo assim, colocando em prática posteriormente (LIN *et al.* 2013).

2.2.5 Fase controlar

Deve-se referir que processos que utilizam sempre a mesma rotina, podem deixar de existir e como consequência inicia a apresentar alterações que possam a vir afetar o resultado final. Esta fase precisa de planos de controle fortes para que seja feita o controle adequado das novas melhorias, assim, garantindo o sucesso das variações, medições, controle e registros, a fim de realizar correções se necessário (LIN *et al.* 2013).

Sendo recomendada nesta fase a aplicação do Controle Estatístico do Processo (CEP), relatórios de coletas de dados que apontam a atual posição do processo (SATOLO et al. 2009).

2.3 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTA DE USINAGEM

Conforme comenta Walker (2000) é trabalhoso localizar produtos que não necessitem diretamente ou indiretamente de um processo que recorra do processo de usinagem em qualquer etapa durante sua fabricação.

Falando de gerenciadores de ferramenta, a principal finalidade é atingir reduções de custo e redução de variabilidade dos problemas colhidos durante a usinagem gerada por ferramentas de corte (FAVARETTO, 2005).

2.4 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS E CUSTOS DE PRODUÇÃO

Conforme Castro (2004) o foco principal do gerenciador é a constante procura por melhorias na eficácia das ferramentas de corte e no processo de usinagem. Na demanda para alcançar os melhores resultados é de grande importância a escolha certa dos parâmetros de usinagem, impedindo assim o desgaste prematuro das ferramentas e evitando parada de máquinas fora do ciclo pré-programado de usinagem, assim, diminuindo o risco a falta de ferramentas.

É natural que os indicadores de processo fundamentados no custo médio e tempo de ciclo consigam provocar problemas por não pensarem nas variações ocorridas dentro do processo. Segundo Sanders (2001), o Sei Sigma estabelece que as variações existentes dentro dos processos e nos produtos influenciam no tempo de fabricação, custo e na qualidade, assim, refletindo diretamente na satisfação do cliente.




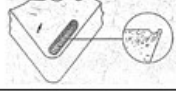



2.5 CUSTOS DE USINAGEM

Conforme Slack *et al.* (2009), a concorrência efetiva entre as empresas sobre preços e custos estão relacionadas a meta crucial da produção. Analisando sempre que se obtivermos o menor custo na fabricação do produto ou serviço, irá fazer com que o consumidor pague menos no valor final.

2.6 AVARIAS E DESGASTE DE FERRAMENTAS

É os defeitos ocorridos acidentalmente com a cunha cortante da ferramenta e/ou sua aresta de corte. Estas avarias podem facilmente ser detectadas, ajudando a criar novas condições para que não venha ocorrer novamente. Na Figura 1 demonstra as principais ocorrências em ferramentas de usinagem, como identificá-las e como evitá-las (Pires, 1997).

Figura 1 - Tabela desgaste Inserto.

Problemas (Tipos de Desgaste)	Causas	Soluções
	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de corte elevada • Pastilha muito tenaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a velocidade de corte • Empregar uma classe mais resistente ao desgaste
	<ul style="list-style-type: none"> • Aresta de corte frágil • Vibrações • Classe muito dura 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar a estabilidade da ferramenta • Empregar uma classe mais tenaz • Empregar uma pastilha com aresta mais resistente • Diminuir o avanço
	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de corte baixa • Materiais tenazes 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a velocidade de corte • Escolher uma geometria mais positiva • Aplicar líquido refrigerante
	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de corte elevada • Avanço alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuir a velocidade de corte • Diminuir o avanço • Empregar uma classe mais resistente à formação de crateras
	<ul style="list-style-type: none"> • Altos avanços • Grandes esforços de corte • Temperatura de corte muito elevada 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a velocidade de corte • Reduzir o avanço • Empregar a pastilha mais resistente à deformação
 Situação comum no fresamento	<ul style="list-style-type: none"> • Excessiva variação de temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar classe mais tenaz • Aplicar fluido de corte e abundância ou não aplicar
 Situação comum no fresamento	<ul style="list-style-type: none"> • Variação excessiva de esforço na aresta 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar classe mais tenaz • Reduzir avanço e profundidade

Fonte: Pires (1997).

2.6.1 Desgastes

Segundo Stemmer (2001), com as vibrações durante o processo de usinagem, implica diretamente na diminuição da vida útil destas ferramentas. Prejudicará o acabamento pelo surgimento de micro lascas em seu gume, influenciando na qualidade da superfície e no acabamento, devido ao aumento de vibrações.

Segundo Koike *et al.* (2014), é significativo tomar decisões para que evite colisões de ferramenta com máquina, poupando danos graves ao processo de usinagem.


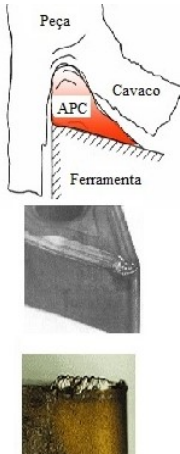
Os principais desgastes ocorridos em ferramentas de usinagem são:

- Desgaste de Flanco – ocorre na superfície de folga da ferramenta.
- Desgaste de Cratera – ocorre na superfície de saída da ferramenta, causado pelo atrito entre ferramenta e cavaco.
- Desgaste de entalhe – ocorre nos dois extremos de contato entre a superfície de folga de ferramenta e a peça.
- Lascamento – ocorre principalmente em ferramentas muito frágeis.

2.6.1.1 Mecanismos de desgastes

Os desgastes apresentados anteriormente resumem os mecanismos de desgaste de forma diferenciada para cada situação durante o processo de usinagem. Estes desgastes não podem ser evitados, mas podem ser amenizados seus efeitos. Sendo assim podendo controlar mais não evitá-los, na Figura 2 demonstra os mecanismos de desgastes, como evitá-los e como controlá-los.

Figura 2 - Mecanismos de desgaste e suas implicações para o fresamento.

MECANISMO	ILUSTRAÇÕES	DIAGNÓSTICO MOTIVO	COMO CONTROLAR	INCIDÊNCIA
Abrasão Mecânica(1)		Ausência de material da ferramenta com superfície remanescente polida. Presença de partículas duras no material da peça e ou temperaturas elevadas. Devido ao movimento relativo entre ferramenta/peça e ferramenta/cavaco ocorrem deformações plásticas cisalhantes incentivadas pelos esforços de corte existentes.	Maior a dureza a quente da ferramenta Menores velocidades de corte.	Presente.
Desgaste em presença de Aresta Postiça de Corte(1).		O acabamento superficial da peça e a forma inclinada do desgaste de flanco denunciam a presença da APC. Material da peça fica soldado na superfície de saída da ferramenta. A medida que o processo se inicia a afinidade entre o material da peça e a APC aumenta e esta cresce ainda mais. Por ficar encruado e endurecido o material, substitui a aresta de corte original. Ocorre para velocidades de corte/temperaturas mais baixas e desaparece quando estas aumentam.	Evitar a faixa de velocidades que provoca a presença da APC, que é a temperatura de recristalização do material da peça.	Pode estar presente se não for evitada a faixa de velocidade típica de sua ocorrência.

Fonte: Pires (1997).

2.6.2 Vida de ferramentas

Segundo Diniz *et al.* (2013), o avanço do desgaste é levado principalmente pela velocidade de corte, avanço e profundidade de usinagem. Um exemplo seria se diminuir a vida da ferramenta em 10% na sua velocidade de corte é muito maior do que a alteração do avanço na mesma proporção. A velocidade de corte é o principal fator no desgaste, pelo fato de quanto maior for à velocidade maior será a energia (calor) colocada ao processo sem aumentar a área da ferramenta que recebe este calor. Por outro lado, com o aumento do avanço também gera energia ao processo, porém, aumenta a área da ferramenta que recebe o calor. Assim explicando a diferença na influencia de ambos no processo.

De acordo com Diniz *et al.* (2013), a vida da aresta de corte está relacionada ao tempo de trabalho efetivo (sem contar o tempo passivo) até começar a perder sua capacidade de corte, baseado no critério de vida previamente estabelecido.

Deixar de usar fluido de corte em um processo de usinagem afeta diretamente na vida útil da ferramenta, fazendo com que ocorra a redução rapidamente, este fenômeno ocorre com mais frequência em ferramentas de cortes menos robusta (TELLES, 2007).

2.6.3 Fluidos de corte

Segundo Stanford e Lister (2002), a interação entre o fluido de corte e a remoção do material vem chamando a atenção das empresas envolvidas. Pelo fato da evolução dos materiais, como, óleo e seus componentes, vem crescendo os estudos para desenvolvimentos de novos fluidos cada vez mais ecológicos e eficientes.

De acordo com Diniz *et al.* (2013), existe vários tipos de fluidos de corte, cada um possuindo características particulares, vantagens e limitações distintas. Sendo assim, é possível classificar os diversos tipos de fluidos de corte. Classificando em:

- Óleos de corte (integral ou aditivado);
- Fluidos solúveis em água;
- Emulsionáveis convencionais (óleos solúveis);
- Emulsionáveis sintéticos;

2.7 MANUTENÇÃO

Segundo Dias (1996), a função da manutenção é assegurar a disponibilidades de todos os equipamentos e garantir a confiabilidade para que seja atendido um processo de produção ou de serviço. Confiabilidade é a probabilidade de um item executar sua função de forma adequada, ao longo de um intervalo de tempo e condições específicas. Segue abaixo a estrutura fundamental para a definição citada.

- Probabilidade;
- Comportamento adequado;
- Período de uso;
- Condições de uso;

Esta estrutura deve ser considerada para cada etapa do ciclo de vida do produto, do processo e da análise dos dados.

2.8 SETUP

O setup conforme Martins e Laugeni (2005) determinam um trabalho realizado para deixar as máquinas e ferramentas aptas para o start na produção. O tempo de setup é o tempo usado para preparação das máquinas e ferramentas desde o início até o final, dando o start na produção. O setup é visto como uma atividade que pertence ao processo de produção, pois o setup ocorre de maneira contínua em um processo desde o momento que é produzido um lote de peças até quando é efetuada a troca das ferramentas e ajustes das máquinas.

3 MÉTODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA

O conjunto de um trabalho científico começa pela seleção da pesquisa, que é a definição essencial a ser investigado, composto por um amplo trabalho de revisão bibliográfica, pesquisador, ou desenvolvido a partir do conhecimento, para sustentação e definição da metodologia (CRESWELL, 1994).

3.1.1 De acordo com a abordagem

Conforme Da Silva (2005), estabelecido o foco, a próxima etapa é a escolha do modelo de pesquisa que irá orientar nossas ações. Pelo ponto de vista do problema, esta pesquisa pode ser definida em qualitativa ou quantitativa (Da Silva, 2005).

Pesquisa Quantitativa: relaciona uma população de objetos de observação comparáveis entre si, pressupõe que tudo pode ser “quantificável”, que nada mais é do que descrever em números as opiniões e informações para posteriormente classificar e analisar as informações. Faz-se necessário o uso de recursos e técnicas estatísticas, como porcentagem, desvio padrão, média, coeficientes, dentre outros (SILVA, 2001).

Pesquisa Qualitativa: enfatiza as especificidades de um problema em termos de sua origem e da sua razão de ser, faz uma relação ativa entre o mundo real e o sujeito, isto é, uma conexão entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não consegue ser traduzida em números. Não necessita o uso de métodos e técnicas estatísticas, o espaço natural é a fonte direta para a coleta dos dados e o pesquisador é a ferramenta chave, os pesquisadores possuem uma tendência de analisar seus dados indutivamente (SILVA, 2001).

3.1.2 De acordo com o objetivo

Segundo Gil (1991), as pesquisas se classificam de três formas, Pesquisa

Exploratória, Pesquisa Explicativa e Pesquisa Descritiva.

Pesquisa Exploratória: tem como objetivo a familiarização com o problema, tendo em vista torná-lo explícito ou de construir hipóteses. Possui como característica o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que possuem experiências relacionadas com o problema pesquisado, análise de exemplos que incitem a compreensão. Assume em geral as formas de Pesquisa Bibliográfica e Estudos de Caso (SILVA, 2001).

Pesquisa Explicativa: tem como objetivo descrever os fatores que determinam ou são de relevância para a ocorrência dos fenômenos. Tem um amplo aprofundamento do conhecimento da realidade porque explica a razão e o porquê dos eventos. Quando esse tipo de pesquisa é realizado no campo das ciências naturais necessita do uso do método experimental e quando utilizado nas ciências sociais requer o uso do método de observação. Geralmente assume a forma de Pesquisa Experimental e Pesquisa Expost-facto (SILVA, 2001).

Pesquisa descritiva: tem como objetivo descrever as características de determinado fato, fenômeno ou o estabelecimento entre variáveis. Possui como envolvimento o uso de técnicas padronizadas de coletas de dados como questionários e observação sistemática. Geralmente é encontrado como pesquisa em forma de Levantamento (SILVA, 2001).

3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos

Segundo Silva (2001), do ponto de vista dos procedimentos técnicos a pesquisa pode ser:

Pesquisa Bibliográfica: Caracterizada quando a elaboração da pesquisa se dá a partir de matérias já publicados, composto principalmente de livros, artigos de periódicos e também de matérias confiáveis que estão disponíveis na internet.

Pesquisa Experimental: Caracterizado pela determinação de um objeto de estudo, é selecionado as variáveis que poderiam influenciar, é definido as formas de controle e de observação dos efeitos que esta variável causou no objeto.

Pesquisa Documental: Muito semelhante à bibliográfica, a pesquisa

documental difere na natureza das fontes: vale-se de materiais que ainda não receberam tratamento analítico.

Levantamento: Caracterizado pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento deseja-se conhecer, solicita-se informações e, em seguida, por análise quantitativa, obtém-se conclusões correspondentes.

Estudo de Caso: É caracterizado por um estudo aprofundado e detalhado de um ou alguns objetos, de modo que se permita o vasto e detalhado conhecimento.

Pesquisa Expost-Facto: A pesquisa é feita a partir de fatos passados, é um estudo realizado após a ocorrência de variações na variável. O propósito é o mesmo da experimental, verificar relações entre variáveis (SILVA, 2001).

4 DESENVOLVIMENTO

Segundo Yin (2001), neste trabalho o modo abordado caracteriza “Estudo de Caso”. Porque a pesquisa científica realizada propõe-se a coletar e analisar dados retirados de uma empresa de grande porte. O estudo de caso foi à maneira de compreender as falhas prematuras de ferramentas de usinagem, sem interferir na continuidade da produção.

Segundo Hillmann (2014), é de grande importância dentro de um processo de fabricação obter alta qualidade, desta forma as indústrias garantem seus sucessos. Deste modo surgem as ferramentas para análises dos indicadores gerados no processo com o foco de determinar a causa raiz dos problemas.

Este trabalho foi realizado em uma indústria situa na região do Vale do Paraíba. O foco principal foi na redução de custo e quebra de ferramentas.

A empresa deu todo o suporte necessário para este estudo, como equipamentos, materiais e instrumentos utilizados durante o levantamento de dados. De acordo com o alto custo de ferramentas, foi criada uma equipe para analisar os principais motivos de falhas referentes à quebra de ferramentas de usinagem.

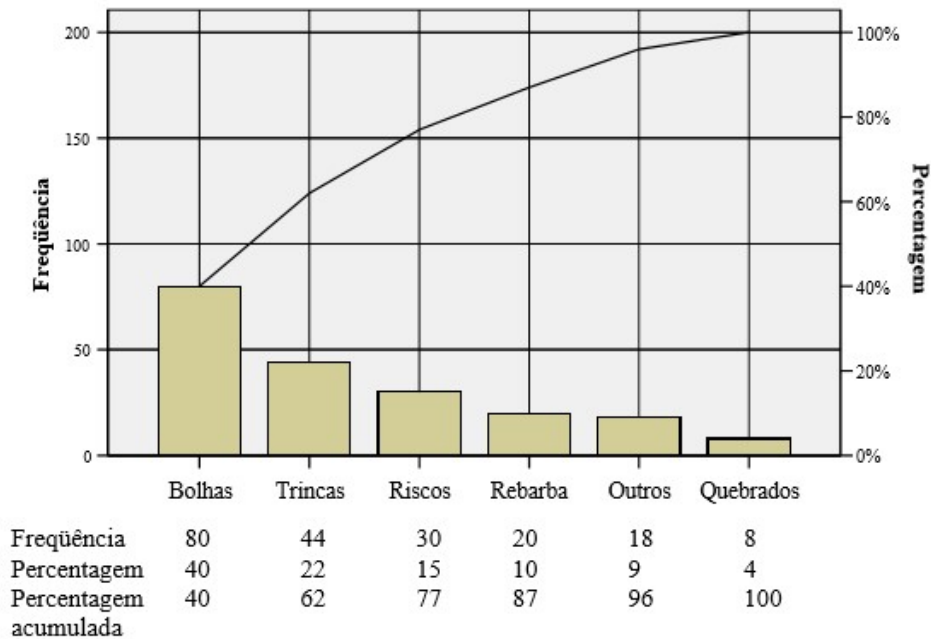
O Gerente Geral apontou a necessidade de realizar um projeto de melhoria no setor de usinagem, pois, a quebra de ferramenta estava muito alta. A partir disto uma equipe foi criada com o objetivo de utilizar a metodologia DMAIC. A equipe definiu “O Líder”, os integrantes e o tema que foi “Quebra de Ferramentas”. Após tudo definido iniciou-se os trabalhos.

4.1 FERRAMENTAS

4.1.1 Diagrama de pareto

Segundo o diagrama demonstrado na Figura 3 abaixo, é um gráfico desenvolvido a partir da relação entre frequência de ocorrência dispostas de forma decrescente de relevância. O gráfico auxilia uma visualização mais simples, nas razões mais relevantes, decompondo as quais são verdadeiramente importantes para o diagnóstico (FLEMMING, 2005).

Figura 3 - Diagrama de Pareto.



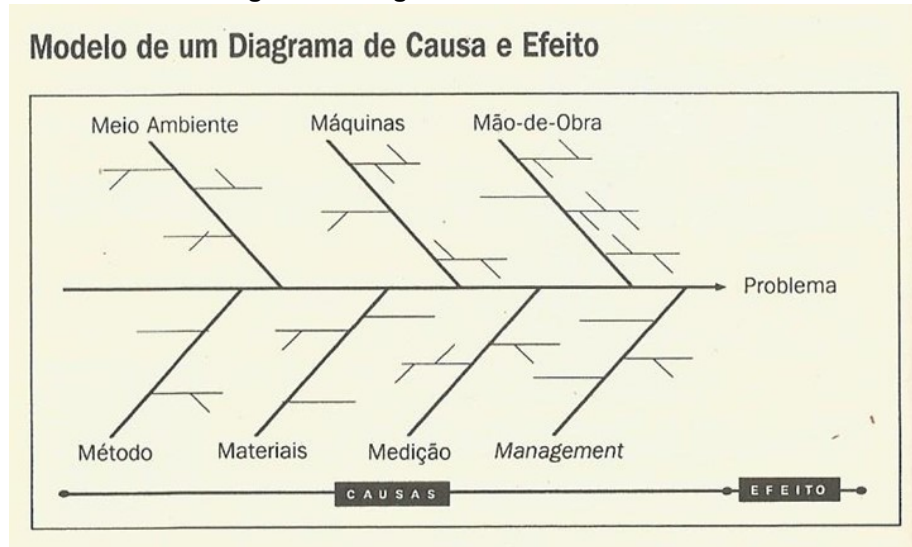
Fonte: Baba (2008)

Conforme Rotondaro et al (2002), a vantagem do gráfico de diagrama de Pareto da Figura 3 é informar de uma maneira mais clara do que as tabelas, facilitando sua interpretação por todos da empresa, ou seja, independente do grau de hierarquia.

4.1.2 Diagrama de causa e efeito

Segundo Rodrigues (2009), o diagrama de causa e efeito demonstrado na Figura 4, mas conhecido como espinha de peixe, é um diagrama que busca verificar a relação entre o efeito e todas as causas de um determinado problema. Sendo que as causas podem variar em diversas categorias dentro de um único problema.

Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Rodrigues (2009)

Conforme Rodrigues (2009), O diagrama da Figura 4 tem como objetivo a análise de um problema (efeito), a partir de subcategorias de causas separadas por categorias, 7M's: meio ambiente, máquinas, mão-de-obra, método, materiais, medição e management. Sendo utilizado em conjunto o brainstorming para a criação do Diagrama de Causa e Efeito.

4.1.3 Lista de verificação

Segundo Rodrigues (2009), a lista de verificação demonstrada na Figura 5, é um *check-list* que contempla as informações em tópico do processo ou projeto.

Figura 5 - Lista de Verificação.

Modelo de uma Lista de Verificação

Problemas	Variáveis							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Evento A								15
Evento B								10
Evento C		-					-	20
Evento D			-					12
TOTAL	11	4	8	12	7	8	7	57

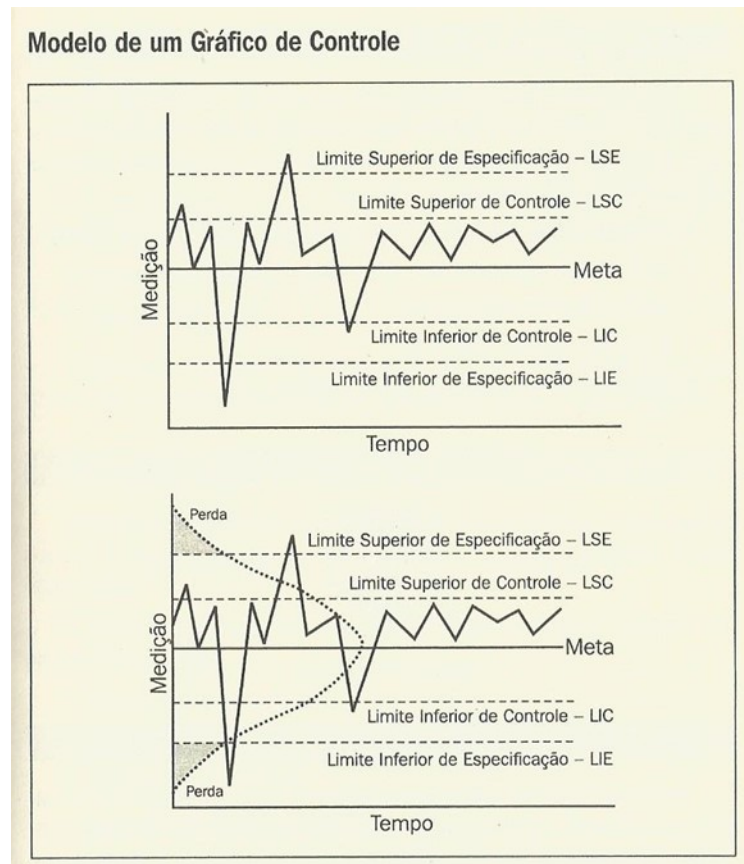
Fonte: Rodrigues (2009)

Conforme Rodrigues (2009), a ideia principal da Figura 5 é oferecer suporte para definição de temas para uma análise de um determinado estudo dentro de um determinado período, realizando uma prévia dos eventos. Os dados deverão ser compilados e verificados para extração de informação do processo e para observar os resultados de decisões anteriores.

4.1.4 Gráfico de controle

Segundo Rodrigues (2009), o gráfico de controle demonstrado na Figura 6 são todas as informações do processo já compiladas e concluídas transformado em um gráfico dinâmico, aderido com os limites estipulados pela frequência ocorrida durante o processo. O gráfico deve ser alimentado com dados recentes para que continue auxiliando na análise do projeto, ajudando na tomada de decisões.

Figura 6 - Gráfico de Controle.



Fonte: Rodrigues (2009)

Conforme Rodrigues (2009), o gráfico de controle demonstrado na Figura 6 tem como ideia apresentar o processo de forma quantitativa, para apoiar na medição dos indicadores e controlar os resultados durante e após o andamento de todo o processo. Identificando os limites de especificação e limites de controle para possa atuar nas situações de desvio. Podendo operar com variáveis originadas em uma medição de tempo, contagem ou classificação. Devendo objetivar em um número mínimo de amostragem de 20 peças.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As ações tomadas pela equipe respeitaram precisamente o andamento do DMAIC, os resultados serão apresentados abaixo:

5.1 DEFINIR

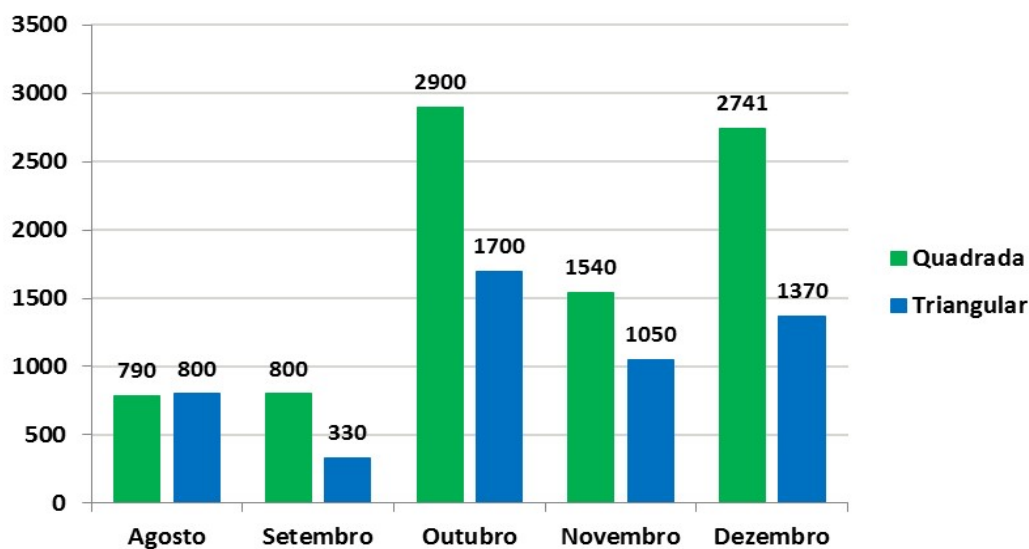
Nesta etapa definir significa em simplesmente resolver qual será o conjunto de elementos que deverão fazer parte da metodologia DMAIC.

Foram definidos os seguintes planos:

- Realizar um levantamento de substituição de ferramentas utilizadas durante o processo de usinagem.
- Promover a retirada das pastilhas quebradas por avarias caso não seja possível à reutilização da mesma ou realizar a rotatividade ocorrendo desgaste da aresta utilizada durante o processo.

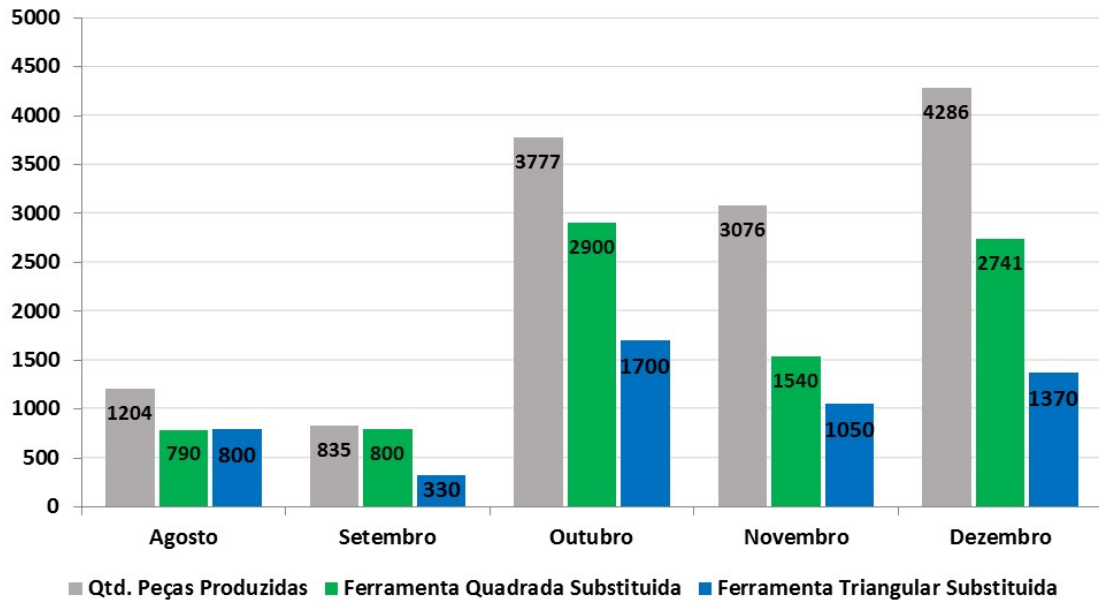
Os passos seguintes são a realização do levantamento de informações como na Figura 7, análise da quantidade de pastilhas substituídas ao longo dos processos estudados. Figura 8, a relação entre chapas usinadas por ferramentas substituídas.

Figura 7 - Quantidade de Pastilhas Substituídas.



Fonte: Próprio Autor

Figura 8 - Quantidade de chapas usinadas por ferramentas substituídas.

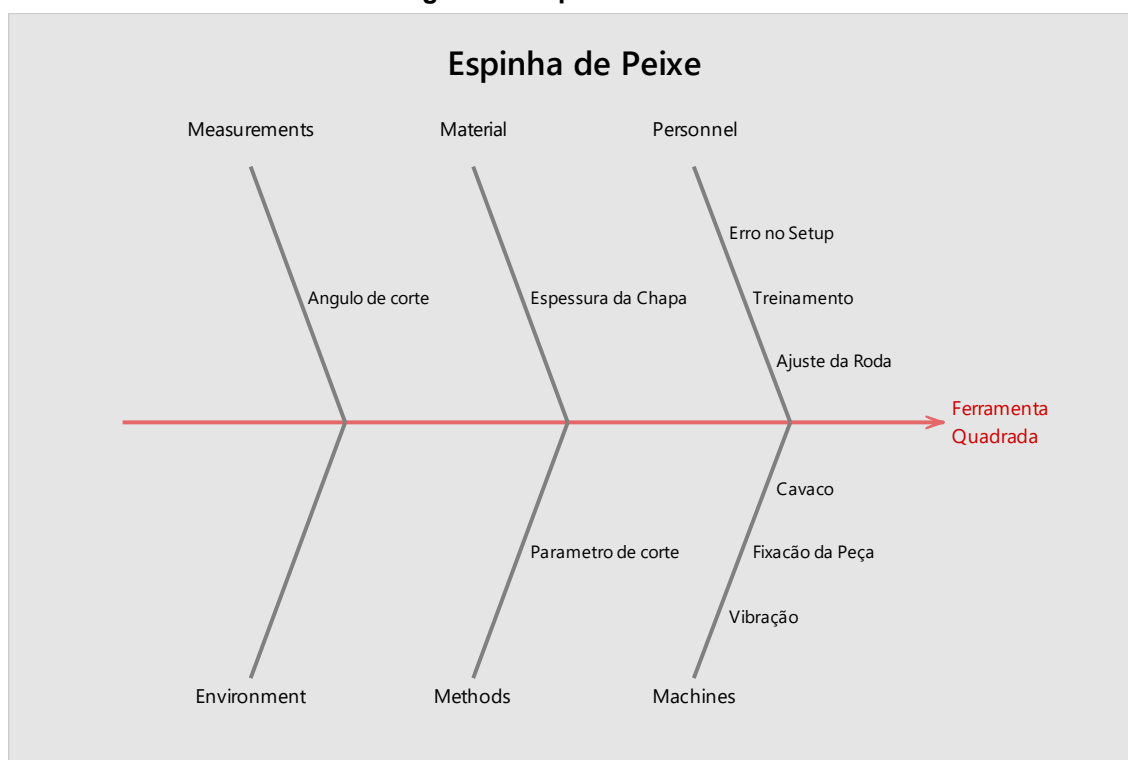


Fonte: Próprio Autor

5.2 MEDIR

Esta fase se dá pela sua alta relevância, pois dando sequência de forma correta o procedimento proposto será obtido às medições que mais impactam a produtividade e o custo do processo. O processo foi acompanhado de forma efetiva e houve o levantamento de todos os dados como, os gráficos desenvolvidos, os custos de cada ferramenta, a quantidade de pastilhas substituídas e o valor investido para se manter a produção. Na grande maioria dos casos este controle acaba sendo ignorado e não realizado.

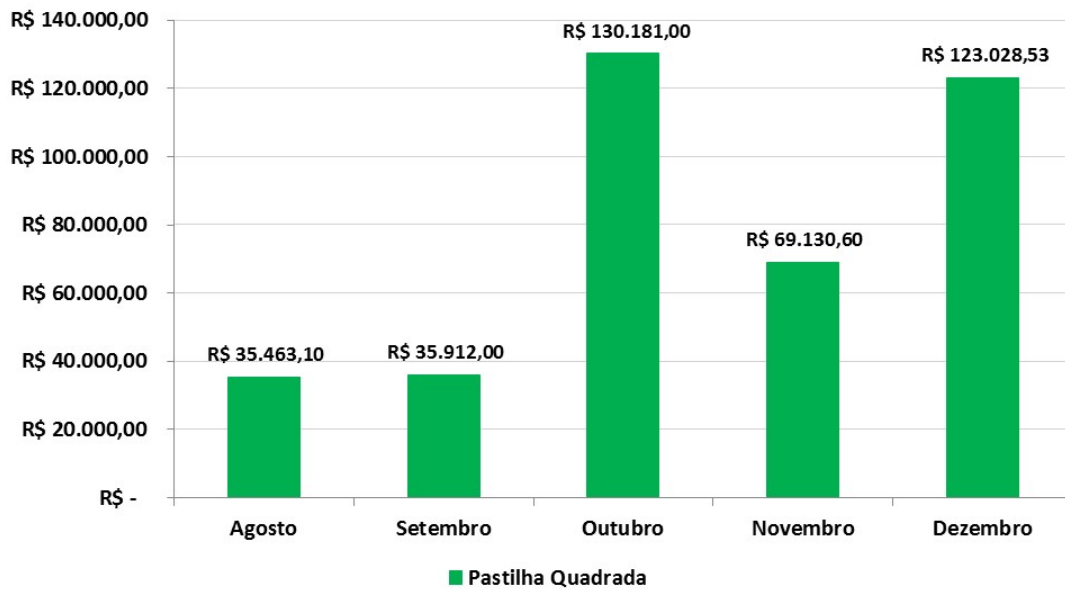
Figura 9 - Espinha de Peixe.



Fonte: Próprio Autor

O diagrama de causa e efeito “Espinha de peixe” da Figura 9 foi realizado para analisar os motivos da substituição de ferramenta utilizada no processo de usinagem, de acordo com o gráfico da Figura 10, esta ferramenta apresenta um custo significativo, por este motivo houve a necessidade de estudo para a substituição da pastilha quadrada, após a procura no mercado por novas opções, foi adquirido uma pastilha com característica mais avançada, sendo uma ferramenta com dezenove milímetros de aresta, o dobro de aresta de corte, totalizando quatro, assim, diminuindo o número de substituição e com diferente ângulo de ataque para que não perdesse o desempenho. A nova pastilha quadrada custa 60% mais barato que a antiga que possuía uma aresta de vinte e dois milímetros e apenas duas arestas de corte. Essa substituição contribui para a diminuição de troca de pastilhas.

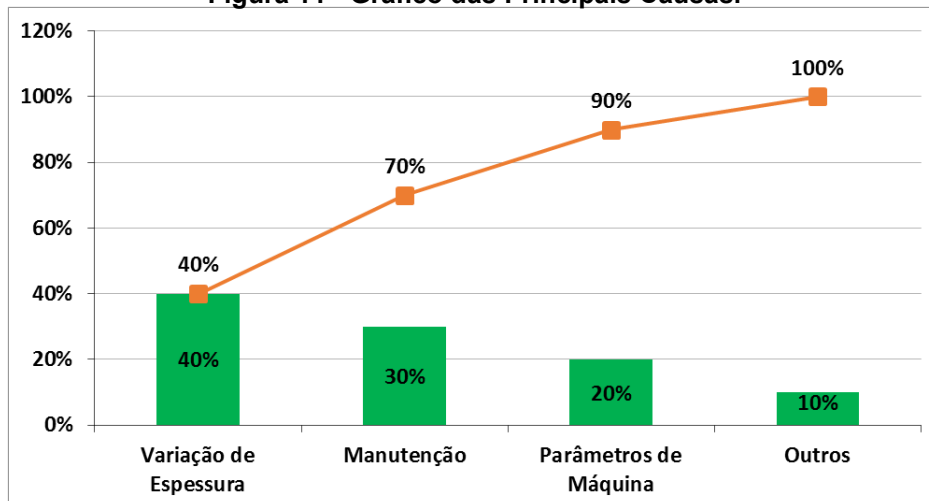
Figura 10 - Custo de Pastilha Quadrada.



Fonte: Próprio Autor

Sendo assim levou se em consideração as principais causas que incidiram para a ferramenta em questão, por meio destes resultados foi montado um gráfico de pareto de acordo com a Figura 11.

Figura 11 - Gráfico das Principais Causas.



Fonte: Próprio Autor

A partir da Figura 11 são demonstradas as principais causas de quebra da ferramenta. Dentro destas causas seguem apenas as quais possuem maior relevância dentro do processo. Verifica-se que a principal causa foi à variação de espessura das chapas processadas, e a segunda causa porem também relevante à frequência de manutenção e a terceira causa foram os parâmetros utilizados na máquina.

Resumindo a fase medir pode-se afirmar que esta nada mais é que coletar e quantificar os resultados obtidos em gráficos, podendo dar sequência para próxima fase do DMAIC. Mediante a matriz de causa e efeito foram revelados os principais motivos de quebra levando em consideração os critérios da equipe. Desse modo foi possível construir o gráfico de Pareto onde são destacados os motivos mais relevantes para quebra da ferramenta. Os dados obtidos para construção do gráfico de quebras e suas relevâncias foram cedidos pelo gestor de ferramentas.

5.3 ANALISAR

Iniciou-se o plano para recuperação dos itens que apresentaram falhas identificadas na fase Medir. A equipe destacou os principais itens do projeto visando resolver os problemas geradores de desgaste e quebra.

Variação de espessura é um dos principais fatores que influenciam no desgaste e quebra este fator atualmente é controlado pela área de engenharia onde a compra das chapas é realizada de acordo com as tolerâncias exigidas, porém após a análise verificou-se que mesmo estando dentro das tolerâncias ainda o sobre metal tinha influência diretamente na ferramenta, o ponto principal destacado foi o excesso de produção.

Manutenção é o segundo item de relevância, e a mesma não estavam sendo planejada com eficiência, não possuía indicadores confiáveis e havia erro na fixação das ferramentas.

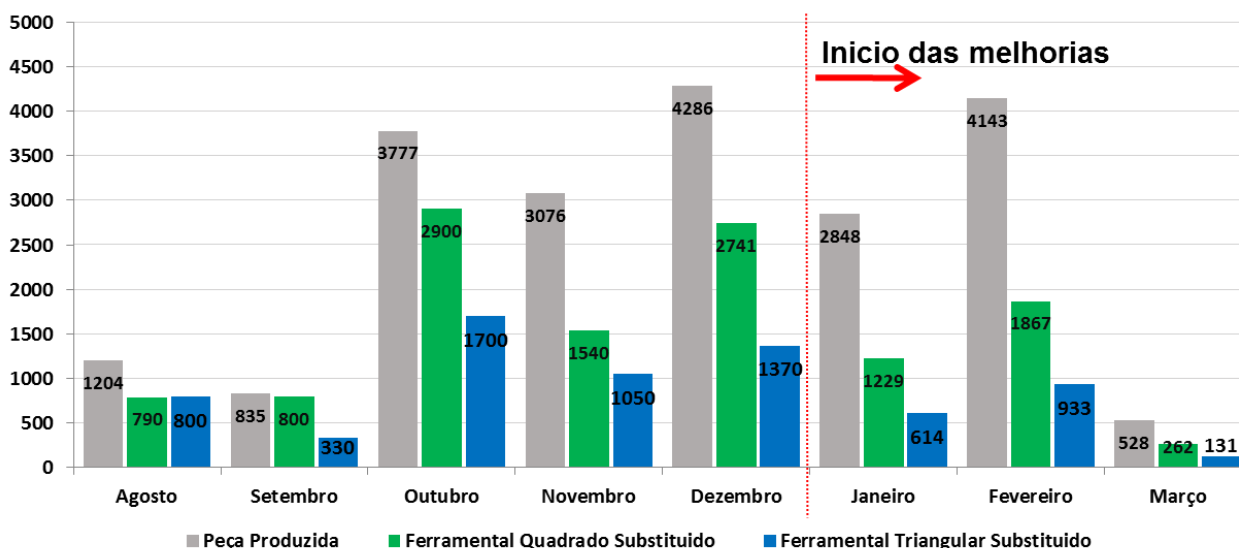
Parâmetro de Máquina é o terceiro item de relevância, identificou-se a falta de treinamento nos operadores, erro na execução do setup na troca de turno e falta de ajuste na roda.

5.4 IMPLEMENTAR

Esta etapa consiste em implementar as principais oportunidades de melhorias no processo visando a redução do custo de fabricação das ferramentas envolvidas, após todas as ações realizadas, a equipe fez novamente um novo levantamento das ferramentas envolvidas nas quebras por meio da mesma metodologia utilizada

anteriormente. Ficou comprovado por meio da Figura 12 que as ações tomadas pela equipe foram bem desenvolvidas para a solução dos problemas que elevavam as ferramentas a quebrarem.

Figura 12 - Quantidade de Pastilhas Substituídas Após Melhoria.



Fonte: Próprio Autor

Dando sequencia a equipe montou o plano de ação a ser implementado, segue abaixo o plano detalhado:

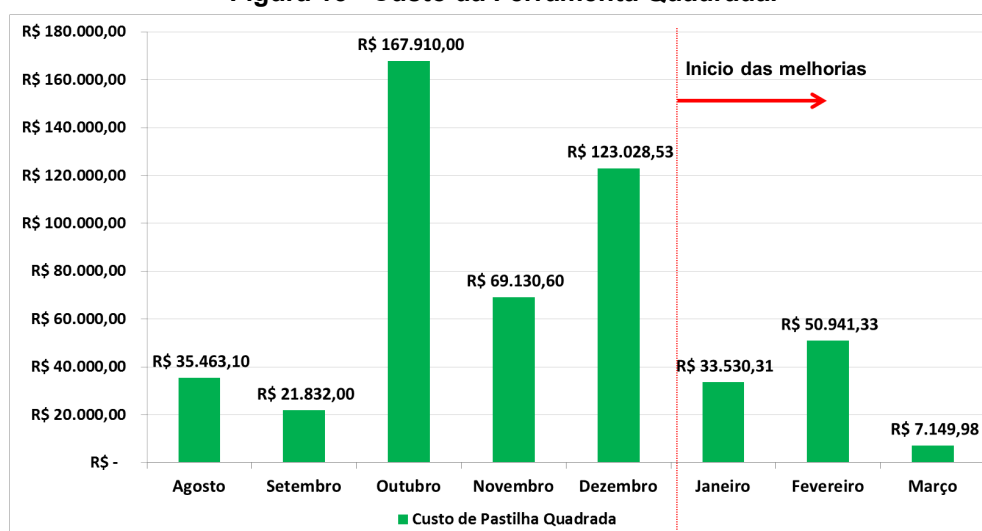
Varição de espessura adotou-se que será realizada a medição da espessura real da chapa antes de alimentar a linha, por ser um dos principais fatores que influenciavam no levantamento de problemas, houve a necessidade de buscar novas ferramentas no mercado. Onde, percebemos uma grande diferença de custo entre as pastilhas, na qual contém mesma característica, porém com uma variância de utilização maior que a antiga. Houve a necessidade de desenvolvimento de novas características da ferramenta, para diminuir o desgaste, uma possível quebra, o maior número de aresta de corte, por conta da retirada de sobre metal, assim aumentando a quantidade de vezes a ser utilizada. Definindo que serão substituídas as pastilhas quadrada. Após a procura no mercado por novas opções, foi adquirida uma pastilha com característica mais avançada, sendo uma ferramenta com dezenove milímetros de aresta, o dobro de aresta de corte, totalizando quatro, assim, diminuindo o número de substituição e com diferente ângulo de ataque para que não perdesse o desempenho.

Para manutenção foi adotado que a mesma montasse um cronograma de manutenção, visando diminuir o intervalo entre a mesma, assim evitando que seja realizada manutenção somente após a quebra ou substituição das ferramentas.

Para o parâmetro de máquina adotou uma instrução de trabalho direcionada para o operador realizar durante o setup inicial, primeiro turno e na troca dos turnos.

Após a realização do plano de ação podemos observar por meio da Figura 13 o levantamento do custo das ferramentas que vieram a quebrar durante o processo, podemos observar que já nos primeiros meses começaram a surgir resultados, como por exemplo, menor volume na aquisição de ferramentas resultando na redução do custo para reposição destas ferramentas.

Figura 13 - Custo da Ferramenta Quadrada.



Fonte: Próprio Autor

5.5 CONTROLAR

Nesta fase foi possível comprovar e sustentar as ações realizadas nas etapas anteriores que levaram a resultados relevantes para redução do custo do processo de fabricação. Foi criada pela equipe uma planilha “relatório” para acompanhamento de ocorrências de quebra e substituição de ferramentas. Esta planilha deve ser utilizada pelo usuário para fazer sua análise antes de liberar uma nova ferramenta para continuidade do processo. Por meio do relatório da Figura 14 o operador em conjunto com o técnico de ferramenta responsável pelo setor deve providenciar a verificação e acompanhamento de quebras de ferramentas e os impactos dos custos correspondentes, em cada máquina envolvida. Ambos possuem a responsabilidade

6 CONCLUSÃO

Concluimos por meio deste trabalho que é possível identificar de forma apropriada que sempre existirá *espaço* para melhoria, onde a ferramenta que apresentava o maior custo foi substituída por uma mais econômica que se apresentou com as mesmas resistências mecânicas e uma vida útil superior à ferramenta antiga utilizada. Por meio da aplicação da metodologia DMAIC resultou em um aumento de produção de peças usinadas, redução de custos com ferramentas, colaborando com vários fatores como, redução de substituição de ferramentas e maior controle da vida útil das ferramentas. A aplicação do DMAIC foi eficiente e prática para assegurar resultados positivos além de gerar a possibilidade de ampliação da aplicação desta metodologia em outros ambientes fabril. A melhoria contínua pode ocorrer sempre, pois sempre que uma ferramenta teve seu problema de quebra e custo resolvido outra ferramenta pode ser passível de análise. Sendo assim concluimos que a metodologia DMAIC é de grande eficácia para obtenção de resultados sólidos e ganhos permanentes para a empresa.

REFERÊNCIAS

ANNAMALAI, C. **Combining innovation with six sigma**. ASQ Six Sigma Forum Magazine, ABI/INFORM Global, v. 7, n. 2, p. 36, Feb 2008.

BABA V. A. **Diagnóstico e Análise de Oportunidade de Melhoria em um Restaurante Universitário por meio da Filosofia Seis Sigma**. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto USP, 2008.

CASTRO, P. R. A. **O que é exatamente o Gerenciamento de Ferramentas**. Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, p.108-110, mar. 2004.

CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumofeitopor Elisabeth Adriana Dudziack. London: Sage, 1994.

DA SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 138 p. 4 ed. rev. Atual – Florianópolis: UFSC, 2005.

DAMBHARE, S. **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** Journal of Quality and Reliability Engineering, 2013.

DAPPER, N. *et al.* **Melhorias no processo produtivo utilizando o método DMAIC Um estudo de caso desenvolvido em uma fábrica de rações**. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2014.

DE SORDI, J. O. **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva 270 p, 2008.

DIAS, A. **Metodologia para análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos**. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 199p. Tese (Doutorado), 1996.

DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. Campinas: Artiliber Editora Ltda, 8ª Edição, p.230-248, 2013.

FAVARETTO, A. S. **Estudo do Gerenciamento de Ferramentas de Corte na Indústria Automotiva de Curitiba e Região Metropolitana**. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PUC-PR. Curitiba, 2005.

FLEMMING, D. A. **Especialista em melhoria da qualidade**. Material de suporte de aula 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HARRY, M. E SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: 2000.

HILLMANN, M. *et al.* **Improving small-quantity assembly lines for complex industrial products by adapting the Failure Process Matrix (FPM): a case study.** Graduate School of advanced Manufacturing Engineering. Stuttgart, Germany, 2014.

HOERL, R. **Six sigma Blak Belts: what do they need to know?** Journal of Quality Technology. Milwaukee, wi, v33, n.4, p.391-406, Oct 2001.

KOIKE, R. *et al.* **Tool collision detection in high-speed feeding based on disturbance observer,** Department of System Design Engineering Keio University, Japan 2014.

LIN, C. *et al.* **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology.** Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

PIRES, J. R.; DINIZ, A. E. **Evitando o Desperdício de Ferramentas de Torneamento em uma Produção Não Automatizada,** III Congresso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica, Cuba , 1, 1-6, 1997.

RAMANAN L. *et al.* **SIX SIGMA - DMAIC Framework for Enhancing Quality in Engineering Educational Institutions International** Journal of Business and Management Invention, India, 2014.

RODRIGUES, M. V. **Seis Sigma - Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão SEIS SIGMA.** Editora Qualitymark São Paulo, 2009.

ROTONDARO, R. G.; RAMOS, A. W.; RIBEIRO, C.O.; MIYAKE, D. I.; NAKANO, D.; LAURINDO, R. F. B.; HO, L. L.; CARVALHO, M. M.; BRAZ, M. A.; BALESTRASSI, P. P. **Seis Sigma. Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Atlas, 2002.

ROUT, S. I. **Implementation of Six Sigma Using DMAIC Methodology in Small Scale Industries for Performance Improvement.** Journal of Modern Engineering Research, 2014.

SANDERS, D.; HILD, C. R. **Common myths About Six Sigma. Quality Engineering.** Monticello. N.Y.: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.269-276, 2000.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. **Contribuições do Seis Sigma: estudo de caso em multinacionais.** Produção, v.20, n.1, jan./mar. 2010.

SATOLO, E. G. *et al.* **Análise da utilização de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey.** Produção, v.19, n.2, p.400-416, 2009.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura.** São Paulo: [s.n.], 2005.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. rev. atual.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.121p.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 48,49p, 2009.

STANFORD, M.; LISTER, P. M. **“Future role of metalworking fluids”.** Industrial Lubrication Tribology, Vol. 54, No.1, pp. 11-19, 2002.

STEMMER, C. E. **Ferramentas de corte I.** 5. ed., Florianópolis: UFSC, 249 p, 2001.

SUNIL *et al.* **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** Journal of Quality and Reliability Engineering, 2013.

TELES, J. M. **Torneamento de Ferro Fundido Nodular Ferritizado com Nióbio Utilizando Ferramentas de Metal Duro.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Itajubá: 124.p, 2007.

WALKER, J. **Machining Fundamentals.**GW Publisher, USA: 2000.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª Ed. Porto Alegre: Editora Bookmam, 2001.