

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
YURI ROCHA OLIVEIRA DE QUEIROZ MOREIRA
CARLOS EDUARDO LOPES SALGADO**

***UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA
MELHORIA DO PROCESSO DE FURAÇÃO.***

**Taubaté - SP
2019**

**YURI ROCHA OLIVEIRA DE QUEIROZ MOREIRA
CARLOS EDUARDO LOPES SALGADO**

***UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA
MELHORIA DO PROCESSO DE FURAÇÃO.***

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

Orientador(a): Prof. Antônio Carlos Tonini.

Coorientador(a): Prof. Ivair Alves Dos Santos.

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

M838u Moreira, Yuri Rocha Oliveira de Queiroz
Utilização da metodologia DMAIC na melhoria do processo de furação /
Yuri Rocha Oliveira de Queiroz Moreira, Carlos Eduardo Lopes Salgado. –
2019.
61 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.
Orientação: Prof. Me. Antônio Carlos Tonini, Departamento de
Engenharia Mecânica.
Coorientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de
Engenharia Mecânica.

1. Furação. 2. Processos de usinagem. 3. DMAIC. I. Graduação em
Engenharia de Controle e Automação. II. Salgado, Carlos Eduardo Lopes.
III. Título.

CDD – 658.514

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/0905

**YURI ROCHA OLIVEIRA DE QUEIROZ MOREIRA
CARLOS EDUARDO LOPES SALGADO**

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA MELHORIA DO PROCESSO DE
FURAÇÃO**

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

DATA: 26/11/2019

RESULTADO:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Antônio Carlos Tonini

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



Prof. Me Ivair Alves dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele não teríamos forças para essa longa jornada e agradeço a nossos professores e aos nossos colegas que nos ajudaram na conclusão desta monografia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradecemos a esta universidade, seu corpo docente, direção e administração.

A nosso orientador, Prof. Antônio Carlos Tonini pelo convívio, apoio e compreensão durante toda elaboração do projeto.

A nosso coorientador, Prof. Ivair Alves Dos Santos por todo auxílio, pela paciência e todo incentivo necessário para o desenvolvimento desta monografia.

Á todos os nossos familiares pela ajuda e toda confiança.

EPIGRAFE

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio a impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”
(CHARLES CHAPLIN)

RESUMO

Atualmente, a necessidade de fabricar produtos de melhor qualidade e com baixos custos, fez-se necessário o aprimoramento dos processos de usinagem dentro da indústria. Toda peça fabricada dentro de uma indústria é submetida a pelo menos um tipo de processo, de acordo com os parâmetros e medidas que se deseja obter no produto final. Como ponto principal deste projeto, destaca-se o processo de furação, que vem sendo utilizado cada vez mais na produção de peças de diversos setores, principalmente no setor automotivo e aeroespacial. Esta pesquisa propõe um estudo sobre este processo, ressaltando sua aplicabilidade e funcionamento. Será apresentado também alguns princípios que podem ajudar na melhoria deste processo, como o uso de fluidos de cortes, alteração na forma de cavacos e a utilização dos quebra-cavacos. Para complementar este estudo, foram utilizados alguns conceitos de DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), permitindo uma maior análise do comportamento atual do processo de furação, permitindo a verificação e estabelecimento de possíveis melhorias que se deseja alcançar.

Palavras-chave: Furação. Processos de usinagem. DMAIC.

ABSTRACT

Nowadays, the need to manufacture better quality products with low costs has made it necessary to improve machining processes within the industry. Every part manufactured within an industry is subjected to at least one type of process, according to the parameters and measurements desired in the final product. The main point of this project is the drilling process, which has been increasingly used in the production of parts from various sectors, especially in the automotive and aerospace sectors. This research proposes a study about this process, emphasizing its applicability and functioning. Some principles that can help improve this process will also be presented, such as the use of cutting fluids, change in chip shape and the use of chip breakers. To complement this study, we used some concepts of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), allowing a greater analysis of the current behavior of the drilling process, allowing the verification and establishment of possible improvements to be achieved.

KEYWORDS: Drilling. Machining processes. DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – OPERAÇÕES QUE COMPÕE O PROCESSO DE FURAÇÃO.	18
FIGURA 2 – MODELO DE FURADEIRA EGÍPCIA UTILIZADA POR VOLTA DE 4000 A.C.	19
FIGURA 3 – EXEMPLO DO PROCESSO DE FURAÇÃO DE UMA PEÇA.	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA 4 – BROCA CHATA.	20
FIGURA 5 – BROCA HELICOIDAL.	21
FIGURA 6 – BROCA COM PONTA INTERCAMBIÁVEL DE METAL DURO.	21
FIGURA 7 – BROCA DO TIPO ESCALONADA.	22
FIGURA 8 – BROCA DE CENTRO.	22
FIGURA 9 – BROCA COM INSERTO INTERCAMBIÁVEL.	23
FIGURA 10 – ELEMENTOS DE UMA BROCA HELICOIDAL COM HASTE CILÍNDRICA E HASTE CÔNICA.	24
FIGURA 11 – PARTES CONSTRUTIVAS DE UMA BROCA HELICOIDAL.	24
FIGURA 12 – O ÂNGULO DE PONTA E SUA RELAÇÃO COM O FORMATO DO CAVACO.	26
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DO ÂNGULO DE INCIDÊNCIA E O GUME TRANSVERSAL.	27
FIGURA 14 – FORMAS DE CAVACO.	31
FIGURA 15 – FORMAÇÃO DE CAVACOS DURANTE O PROCESSO DE FURAÇÃO.	31
FIGURA 16 – OCORRÊNCIA DO DESGASTE FRONTAL.	33
FIGURA 17 – DESGASTE DE CRATERA.	33
FIGURA 18 – DEFORMAÇÃO PLÁSTICA DE ARESTA DE CORTE.	34
FIGURA 19 – LASCAMENTO DE BROCA.	34
FIGURA 20 - TRINCA.	34
FIGURA 21 – QUEBRA DA BROCA.	35
FIGURA 22 – MÉTODOS E FERRAMENTAS DO SEIS-SIGMA.	40
FIGURA 23 – ANÁLISE DO CTQIN E DO CTQEX NA FORMULAÇÃO DO PROJETO SEIS-SIGMA.	41
FIGURA 24 – IDENTIFICAÇÃO DO ALVO SEIS-SIGMA.	42
FIGURA 25 – EXEMPLO DA CONSTRUÇÃO DA ESPINHA DE PEIXE.	43

FIGURA 26 – O DIAGRAMA DE PARETO RELACIONADO AOS DADOS DA COLETA DA PRODUÇÃO DAS PEÇAS PLÁSTICAS.	45
FIGURA 27 – O MODELO DMAIC.	47
FIGURA 28 – EXEMPLO DA METODOLOGIA DMAIC.	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – EXEMPLO DE COLETA DE DADOS DE UMA PRODUÇÃO DE PEÇAS PLÁSTICAS.....	45
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMAIC Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivo Específico.....	15
1.2 Delimitação do Estudo	16
1.3 Relevância do Estudo	16
1.4 Organização do Trabalho.....	16
2 Revisão Bibliográfica	17
2.1 Tipos de brocas utilizadas no processo de furação.....	20
2.2 Elementos constituintes de uma broca helicoidal.....	23
2.3 Os mecanismos de surgimento do cavaco.....	28
2.3.1 Tipos e formas de cavaco	29
2.3.2 Formas de cavaco.....	30
2.3.3 Formação de cavaco no processo de furação.....	31
2.4 Avarias e desgastes	32
2.5 A escolha do material da ferramenta utilizada no processo	35
2.5.1 As condições de vida da ferramenta e seu desgaste.....	36
2.5.2 As condições de vida da ferramenta e seu desgaste no processo de furação.....	36
2.6 Fluidos de corte.....	37
2.7 Seis-Sigma e metodologia DMAIC	37
2.7.1 As principais ferramentas de qualidade que são utilizadas na metodologia Seis-Sigma.....	40
2.8 DMAIC.....	46
3 Metodologia.....	51
4 Desenvolvimento.....	53
4.1 Descrição da análise da formação de cavaco durante o processo de furação pela metodologia DMAIC	53
5 Resultados e discussões.....	56
6 Conclusões.....	58
7 Propostas para trabalhos futuros	59

8 Referências	60
---------------------	----

1 INTRODUÇÃO

Observando o cenário atual é possível notar que as indústrias estão cada vez mais focadas em melhorar a qualidade de seus produtos e promover a redução dos custos de produção, através do aperfeiçoamento de técnicas e ferramentas que são utilizadas nos processos de fabricação de suas peças (pode ser chamado também de processos de usinagem). A utilização dos processos de usinagem dentro de uma linha de produção industrial é essencial para a obtenção de peças com melhor acabamento e com geometria pré-estabelecida de acordo com suas finalidades.

A escolha do processo leva em consideração parâmetros físicos, químicos e geométricos que devem ser estudados previamente e analisados com muita precaução, para que sejam estabelecidas as melhores maneiras de se conduzir um projeto de usinagem com a menor porcentagem de erros. Entre as diversas atividades de usinagem existentes, destaca-se o processo de furação. O fato de que há a presença de pelo menos um furo em qualquer tipo de peça e muitas destas peças necessitam de furos de maior profundidade ou até mesmo com maior precisão, faz com que a furação se torne inevitável no cenário industrial. Tal fator se torna necessário, pois boa parte das peças que chegam até a etapa de furação, não apresentam os devidos furos necessários.

Além disto deve ser lembrado que apesar de toda utilidade deste processo na linha de produção, a furação recebeu poucos avanços tecnológicos, ou seja, comparado com outros processos de usinagem, nota-se que não foram introduzidos novos materiais como metal duro e diamante, e que até os dias de hoje, ainda é utilizado como ferramenta principal a broca helicoidal. Para acompanhar o desempenho do processo de furação, tal como a qualidade do maquinário, a interface homem-máquina e máquina-ferramenta e ao mesmo tempo analisar toda a capacidade produtiva de mercado (resultados econômicos) é necessário estabelecer critérios e parâmetros que façam a avaliação final com base em um estudo aprofundado das necessidades dos consumidores que se utilizam do produto final. Isto é, através de uma metodologia adequada, é possível fazer o levantamento de dados de uma produção corriqueira industrial e assim promover a melhora de qualidade do produto final, utilizando recursos estatísticos e de pesquisa com a finalidade de atingir níveis satisfatórios de qualidade. Para isso é muito utilizado a

metodologia seis sigma vinculado a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)., buscando o aperfeiçoamento econômico do processo de furação através de novos métodos de alteração do cavaco final.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um estudo aprofundado do processo de furação e ao mesmo tempo conceituar de maneira clara a metodologia de trabalho Seis-Sigma em conjunto com a ferramenta DMAIC, para que seja estabelecida as melhores maneiras de se aprimorar este processo de usinagem, ou seja, estabelecer métodos e ferramentas que auxiliem na melhora da performance da furação, no que se diz respeito a formação de cavacos.

1.1.2 Objetivo Específico

O objetivo específico deste trabalho consiste na análise do ambiente atual fabril em relação a utilização do processo de furação, para que seja estabelecido métodos e parâmetros que promovam a alteração do cavaco final. Através das 5 etapas da ferramenta DMAIC, serão apresentadas possíveis soluções que possam modificar a estrutura do cavaco durante a usinagem, com o foco na obtenção do cavaco helicoidal. Para isso será estipulado o uso de quebra-cavacos.

1.2 Delimitação do estudo

Este estudo tem como finalidade apresentar algumas alternativas para a melhora econômica do processo de furação, com base na utilização de quebra-cavacos como parâmetro auxiliar na alteração do formato do cavaco durante a usinagem da peça por este processo. Para o levantamento destas possíveis

alternativas, será utilizado a metodologia DMAIC, na qual há a análise do ambiente industrial geral (industriais que se utilizam do processo de furação na fabricação de peças) e levantamento dos dados necessários para que seja possível estipular alternativas na melhoria do processo.

1.3 Relevância do estudo

Basicamente, o tema que é utilizado neste estudo está fundamentado na metodologia Seis-Sigma (DMAIC), ou seja, através da inspeção e análise de todo processo de furação, será levantado possíveis alternativas que podem melhorar a relação custo-benefício no ambiente industrial. Através do DMAIC será possível quantificar e numerar os prejuízos que ocorrem em uma linha de produção devido ao formato do cavaco e deste modo, procurar desenvolver outras ferramentas que auxiliem na geração de cavacos que possam ser manipulados, armazenados e/ou descartados facilmente e com o menor custo possível para a empresa.

1.4 Organização do trabalho

O trabalho está fundamentado em capítulos e subcapítulos. No capítulo 1, são abordados a justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia utilizada. O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre o processo de furação e a metodologia Seis-Sigma e o método DMAIC. O capítulo 3 explica a metodologia adotada na pesquisa. O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento. O capítulo 5 apresenta os resultados e discussões. O capítulo 6 apresenta as conclusões. O capítulo 7 apresenta as propostas para trabalhos futuros. O capítulo 8 apresenta as referências Bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente os processos de fabricação estão sendo cada vez mais utilizados dentro da indústria para obtenção e fabricação de vários tipos de peças. A busca por um produto de melhor qualidade e com um custo de fabricação menor fez com que as empresas buscassem novas alternativas de produção através dos processos de usinagem. Até certo tempo eram utilizados somente os processos metalúrgicos para fabricação de tais produtos, porém, constatou-se que as peças obtidas não possuíam bom acabamento superficial; apresentavam baixa precisão nas dimensões; e havia dificuldade de obter a geometria desejada na peça final. Desse modo, para obter certas peculiaridades no produto final, tornou-se necessário a utilização de processos complementares, e nesse caso destaca-se o processo de furação (CHIAVERINI, 1995).

O processo de furação pode ser considerado um dos mais importantes processos dentro de uma linha de produção de uma indústria. O fato de quase todas as peças necessitarem a presença de pelo menos um furo ao longo de seu desenvolvimento, torna tal processo fundamental. Apesar de tal importância, este procedimento desenvolveu-se muito pouco comparado com os outros processos de usinagem como o fresamento e torneamento, devido a não inserção de novos materiais (brocas fabricadas a partir de novas matérias primas). (DINIZ et al., 2008).

A furação consiste basicamente em um processo que tem como objetivo obter furos cilíndricos, na qual a ferramenta ou a peça giram e ao mesmo tempo a peça ou a ferramenta se movimentam obedecendo uma trajetória retilínea, que pode ser paralela ou coincidente ao eixo principal da máquina. (CHIAVERINI, 1995).

Pode ser ressaltado também algumas peculiaridades deste processo de usinagem. Segundo Castillo (2005), König e Klocke (2002) e Stemmer (2005), ao se estudar este processo, deve ser lembrado alguns pontos essenciais, tais como:

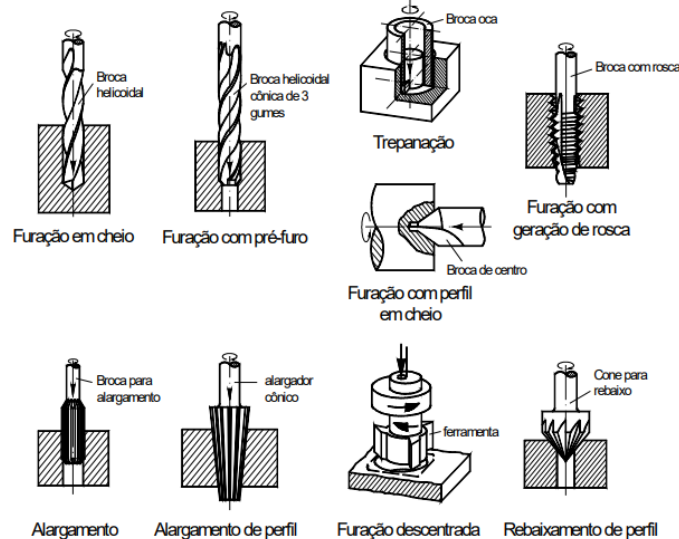
- a) no centro da broca, a velocidade de corte é nula, e atinge seu valor máximo na periferia da ferramenta ou diâmetro máximo da broca;
- b) o fluido de corte é utilizado como fator refrigerante, lubrificante e facilita o transporte do cavaco formado durante o processo;

- c) quando há o aparecimento de canto vivo, a borda da broca está sujeita avarias e desgastes;
- d) pode apresentar problemas durante o transporte de cavacos;
- e) distribuição irregular de calor na região de corte;
- f) durante a geração de cavaco, há problemas de observação (dificuldades);
- g) as guias da ferramenta podem entrar em contato com a parede do furo durante o processo;

O processo de furação pode ser ramificado em várias operações de acordo com as especificidades que se deseja obter, tais operações podem ser: A furação em cheio; Furação escalonada; Furação de centros; Trepanação; Escareamento, entre outros.

Na Figura 1 são apresentados alguns exemplos destas subdivisões.

Figura 1- Operações que compõe o processo de furação DIN8589



Fonte: Adaptado de König e Klocke (2002)

Na Figura 2, é representada a execução do processo de furação na antiguidade por dois indivíduos e ao mesmo tempo pode-se ver como seria o

funcionamento na prática de umas das primeiras máquinas de furação no antigo Egito:

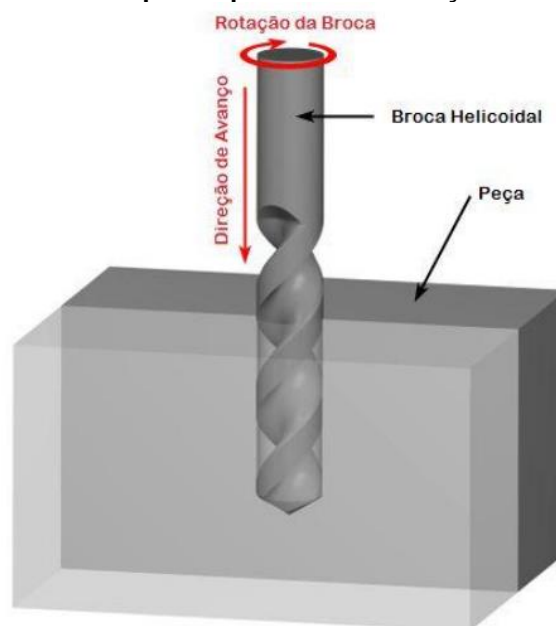
Figura 2- Modelo de furadeira egípcia utilizada por volta de 4000 A.C



Fonte: Renato Goulart Jasinevicius (2016)

Na Figura 3, está representado um exemplo clássico de como é o processo de entrada de uma broca helicoidal na peça que está sendo usinada:

Figura 3- Exemplo do processo de furação de uma peça



Fonte: João Carlos Espíndola Ferreira (2009)

2.1 TIPOS DE BROCAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE FURAÇÃO

Segundo DINIZ et al., (2008) com o avanço tecnológico na área de usinagem, garantiu-se também a melhora dos materiais que são utilizadas na composição das brocas de furação.

A decisão de qual broca utilizar durante a usinagem de um furo qualquer é feita de acordo com as individualidades da operação de furação. Entre os parâmetros a serem examinados tem-se a dureza do material da peça, critérios de usinabilidade, extensão do furo, tolerâncias de forma e posição do furo ou diâmetro, acabamento da superficial, modelo do maquinário, refrigeração, volume de produção, profundidade do furo, entre outros (HALEVI e WEILL, 1995).

Com relação às ferramentas utilizadas no processo de furação, deve-se lembrar que a utilização de cada uma leva em conta determinadas especificações e geometrias pré-definidas. A seguir, é apresentado uma breve narração sobre os tipos de brocas mais utilizadas na operação de furação (KÖNIG e KLOCKE, 2002; STEMMER, 2005):

- a) **Brocas chatas:** Consiste nas primeiras brocas produzidas e utilizadas, produzidas basicamente pelo achatamento a quente de uma fração de barra cilíndrica ou pela junção de uma lâmina com dois gumes principais de corte. Atualmente, são utilizadas em tornos, para efetuar a furação de materiais frágeis. Todavia, o seu emprego é restrito, visto que apresenta baixa resistência a momentos torçores e faz com que a remoção de cavacos se torne um trabalho dificultoso. Na Figura 4 são apresentadas as brocas deste tipo.

Figura 4: Broca chata



Fonte: Taegu-tec (2007)

- b) **Brocas helicoidais:** São as mais empregadas na execução de furos. Na Figura 5 está representado a broca do tipo helicoidal. Usualmente, essas brocas apresentam dois gumes principais que são conectados pelo gume transversal.

Figura 5: Broca Helicoidal



FONTE: OSG (2012)

- c) **Brocas helicoidais com ponta intercambiável de metal duro:** São utilizadas em processos que exibem um custo por furo inferior que as brocas helicoidais inteiriças. Isso ocorre principalmente, pelo fato da maior taxa de remoção de metal ou um custo reduzido para adquirir a ferramenta ou realizar a reafiação dos gumes. Na Figura 6 está representada este tipo de broca.

Figura 6: Broca com ponta intercambiável de metal duro.



Fonte: Taegu-tec (2007)

- d) **Brocas escalonadas:** Apresentam dois ou mais diâmetros em uma única broca estandardizada. Basicamente são utilizadas na usinagem de furos para operações combinadas. A utilização das brocas escalonadas está em

avanço nas indústrias, porque seu uso proporciona a diminuição do tempo de fabricação de uma peça, através da conexão de operações de usinagem em um mesmo curso.

Figura 7: Broca do tipo escalonada



Fonte: OSG (2012).

e) Brocas de centro: Empregadas na confecção de furos de centro em peças de revolução que serão usinadas entre pontas. Na Figura 8 é apresentada uma broca de centro. Pode ser utilizada também na furação de superfícies irregulares ou furação profunda, onde auxilia a broca principal, para que assim seja evitado o desvio do furo.

Figura 8: Broca de centro



Fonte: OSG (2012)

f) Brocas com insertos intercambiáveis: as brocas com insertos intercambiáveis representam um dos avanços mais importantes na tecnologia de furação. Na Figura 9 é ilustrada uma broca com insertos intercambiáveis. É uma ótima alternativa de ferramenta, pois possibilita o

aumento da produtividade, a redução dos custos e uma maior flexibilidade de manuseio.

Figura 9: Broca com inserto Intercambiável.



Fonte: Taegu-tec (2007)

Ainda, segundo DINIZ et al (2008) existem outros tipos de brocas e ou ferramentas, devido a melhora contínua e pela inovação tecnológica aplicada no processo de furação. Tais inovações ocorrem todos os anos e correspondem ao extenso número de pesquisas nesta área, tal como o grande mercado de aplicação deste processo:

- **Broca inteiriça de metal duro:** para furos de até 20 mm é uma ótima escolha, feitas pela metalurgia do pó, que forma um corpo de grande dureza e resistência ao desgaste e à compressão, elas necessitam ser afiadas no fim da sua vida, assim podendo continuar utilizando-as;
- **Broca de aço-rápido revestida com nitreto de titânio:** que apresentou um significativo aumento da velocidade de corte; Entre outras.

2.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UMA BROCA HELICOIDAL

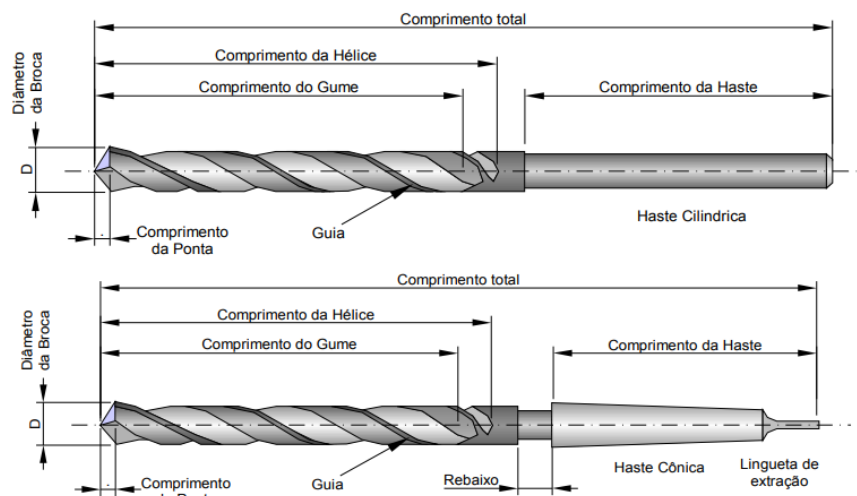
Segundo FISCHER (2005) as principais vantagens na utilização de brocas do tipo helicoidal, são:

- a) Preservação do diâmetro nominal segundo os parâmetros de tolerância.
- b) As brocas helicoidais são capazes de se autocentrar.

c) São brocas de fácil manuseio e são fáceis de montar.

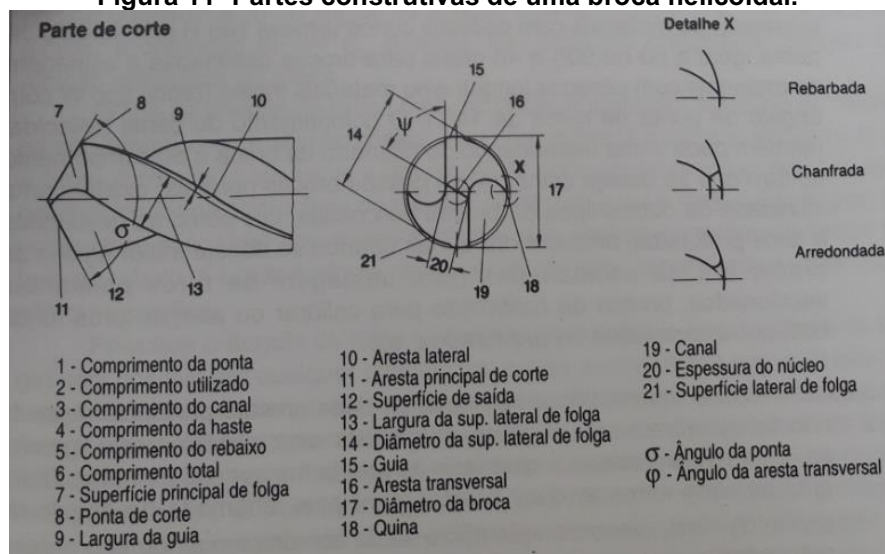
Pode-se caracterizar de maneira simples os componentes mais básicos de uma broca do tipo helicoidal. Nas Figuras 10 e 11 a seguir são descritas as características de alguns dos elementos construtivos (STEMMER, 2005; DINIZ et al., 2008; NBR 6163 NB205, 1990; DIN 6581, 1985):

Figura 10 – Elementos de uma Broca helicoidal com haste cilíndrica e haste cônica.



Fonte: Rodrigo Lima Stoeterau (2009)

Figura 11- Partes construtivas de uma broca helicoidal.



Fonte: Diniz et al. (2008)

- a) **Canais helicoidais:** Região na qual sucede a retirada dos cavacos e a passagem do fluido de corte.
- b) **Ponta:** Compreende a porção onde está situado as duas partes principais do gume (Parte principal e secundária).
- c) **Corpo:** É onde está situado os canais denominados **helicoidais**.
- d) **Haste:** É o local onde é fixado a ferramenta.
- e) **Gume principal:** é a porção que está situada na parte da ferramenta orientada para o sentido de corte.

f) **Gume transversal:** responsável por conectar os dois gumes principais e está localizado no cume da broca. O ato de corte do gume transversal não é muito eficaz, visto que apresenta um ângulo de saída negativo e velocidade de corte baixa, mediante a proximidade ao centro da ferramenta, e ainda gera a esmagadura do material, empurrando-o para o local onde estão os gumes principais, onde são removidos.

g) **Guias:** têm como finalidade orientar o trabalho realizado pela broca e diminuir o atrito da ferramenta com a parede do furo, para que seja reduzido a superfície de contato da parede externa da broca, com conseqüente redução dos esforços de furação.

h) **Haste:** É o componente que fixa a broca na máquina, podendo ser de formato cônico ou cilíndrico, sendo a primeira empregada, geralmente, em brocas de diâmetros superiores a 15mm. Através da haste é possível gerar maior força de fixação, sendo esta efetuada diretamente na máquina. As brocas com haste cilíndricas, no que lhe diz respeito, são fixadas à máquina mediante a utilização de mandris.

i) **Núcleo:** Responsável por conferir rigidez à broca e apresenta uma espessura por volta de 0,16 vezes o diâmetro original da broca.

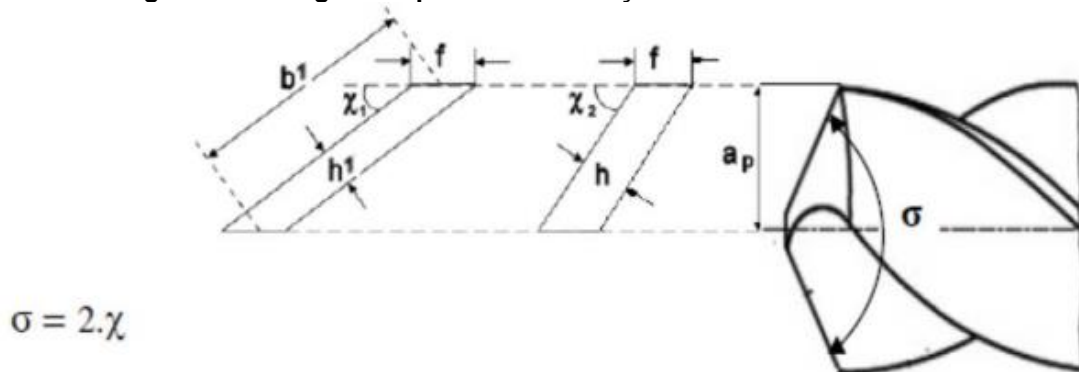
j) **Quina:** Porção da cunha de corte na qual se localizam o gume principal e secundário, onde é formado o ângulo de ponta (σ) da ferramenta. Pode -se ressaltar as principais características dos diversos ângulos que compõem uma broca:

a) **Ângulo de ponta (σ):** Está localizado entre os gumes principais de corte no plano referencial da ferramenta. A determinação do ângulo de ponta é feita

mediante ao tipo de material a ser submetido a furação e também pelas condições operantes. Ângulos de ponta menores conduzem a uma boa centragem da broca, ou seja, garantem uma maior precisão dos furos. Porém, deve-se lembrar, que estes ângulos menores geram um aumento do atrito entre a broca e parede do furo (KÖNIG e KLOCKE, 2002).

É de suma importância evidenciar que o ângulo de ponta possui relação direta com a espessura (h) e largura (b) do cavaco gerado, ou seja, o conhecimento do valor deste ângulo é o ponto crítico para que seja atingido a forma perfeita ou até mesmo desejada do cavaco final, conforme na Figura 12:

Figura 12: O ângulo de ponta e sua relação com o formato do cavaco



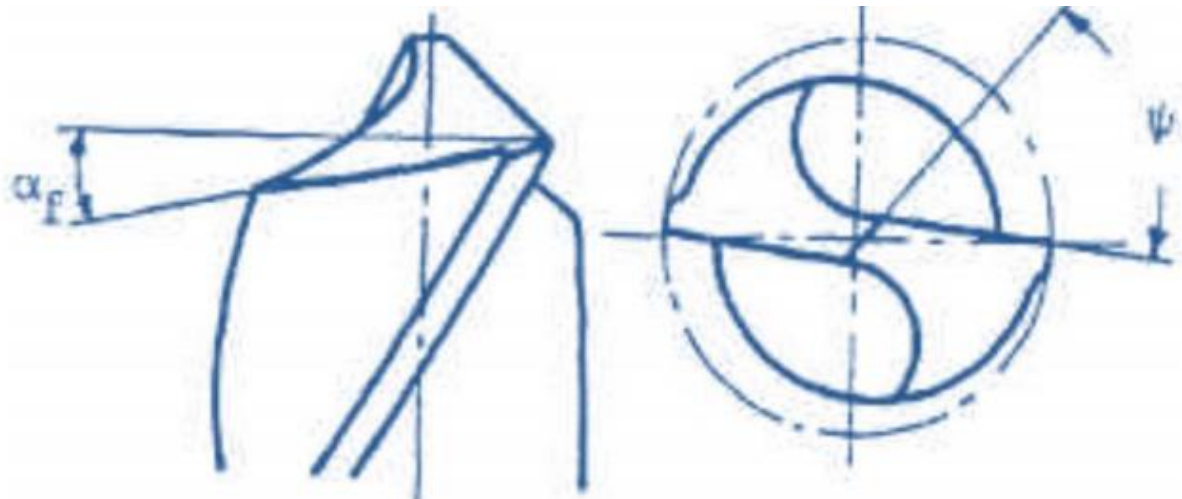
Fonte: Machado et al (2009)

Logo, conclui-se que o ângulo de ponta está intimamente relacionado com os parâmetros de formação do cavaco. Outra característica importante é que a ponta de uma broca é submetida a pressões de corte elevadas, se houver redução do ângulo de ponta, onde, o contato da ferramenta com a peça será maior, aumentando a área de dissipação do calor gerado durante o processo, induzindo o gradiente e meios de distribuição de calor, ocasionando o aumento da vida da ferramenta, assim como uma solitação mecânica por unidade de comprimento do gume cortante menor (DINIZ et al., 2008; FERRARESI, 1970).

b) Ângulo de incidência (α): Medido através do plano de trabalho segundo a Figura 13, variando entre 12° e 15° . Quando o valor deste ângulo é muito alto, há perda de resistência da cunha da broca e pode haver vibração.

c) **Ângulo do gume transversal (ψ):** Definido através do ângulo de incidência (α), no instante da formação do cone de revolução no decurso da afiação (STEMMER, 2005).

Figura 13: Representação do ângulo de incidência e o gume transversal.



FONTE: Diniz et al. (2008)

d) **Ângulo de saída (γ):** Localizado entre o plano de saída e a superfície de referência. Geralmente avaliado no plano operante da cunha cortante. Apresenta variação desde um valor igual ao ângulo de hélice (δ) até valores negativos. É um ângulo muito importante, pois ajuda no processo de remoção de cavacos (FERRARESI, 1970; NBR 6163, 1990).

e) **Ângulo de hélice (δ):** Formado pelos canais que constituem a broca. A norma DIN1836 apresenta três tipos de brocas quanto ao ângulo de hélice:

- Tipo N: é para furação de aços ligados e não ligados, ferro fundido cinzento e maleável, níquel e ligas de alumínio de cavacos curtos.
- Tipo H: é para materiais duros e ferro fundido com dureza superior a 240 HB.
- Tipo W: é para materiais dúcteis, como: cobre, alumínio e suas ligas de cavacos longos.

2.3 OS MECANISMOS DE SURGIMENTO DO CAVACO

O processo de formação de cavacos é o fenômeno principal que traduz o funcionamento de qualquer processo de usinagem. Através do estudo de tal processo, foi possível obter diversos avanços científicos que contribuíram para o aperfeiçoamento das arestas de corte, com quebra cavacos cada vez mais sofisticados, a possibilidade de usinar variados tipos de materiais, e o surgimento de materiais mais eficientes para o intercâmbio com as ferramentas. Basicamente o cavaco surge em processos de alta velocidade de deformação, seguido da ruptura do material da peça (MACHADO et al., 2009).

Segundo FERRARESI (1995) O surgimento do cavaco em condições normais de usinagem apresenta-se na seguinte ordem:

- a) como há a penetração da ferramenta diretamente na peça, uma pequena parte do material ligado a peça é pressionado contra a superfície de saída da ferramenta.
- b) há o aparecimento de uma deformação plástica no material que foi pressionado, e tal deformação continua crescendo até que o estado de tensões de cisalhamento se torne grande o suficiente para provocar uma ruptura ou deslizamento (região entre a peça e o cavaco) entre parte do material que é pressionado e a peça.
- c) no prosseguimento da penetração da ferramenta, há a ruptura parcial ou completa na região entre a peça e o cavaco (região de cisalhamento), que varia de acordo com a ductilidade de cada material, condições de avanço e da velocidade de corte. Tal etapa denomina a formação de cavacos contínuos ou descontínuos.
- d) a última etapa consiste na saída do cavaco, que consiste no prosseguimento do movimento relativo entre a ferramenta e a peça, onde é iniciado o movimento denominado “escorregamento” na qual uma parte do material deformado e cisalhado desliza sobre a superfície de saída da ferramenta. Simultaneamente uma nova parcela de material se forma e passa pelo mesmo processo, escorregando pela superfície da ferramenta, dando continuidade ao processo que se repete.

2.3.1 TIPOS E FORMAS DE CAVACO

MACHADO et al. (2009) Há a formação de uma nova superfície na peça após a remoção da porção de cavaco. Existe basicamente 4 tipos de cavaco, estes são: Cavacos contínuos, cavacos parcialmente contínuos, descontínuos e segmentados. Basicamente os três primeiros tipos estão relacionados a ductilidade (fragilidade) do material e dos critérios de corte. Já os cavacos segmentados são resultado da usinagem de materiais de baixa condutividade térmica.

Cavacos contínuos: Ocorrem na usinagem de materiais dúcteis, como o alumínio, cobre e aços de baixa liga. Há o cisalhamento em grande proporção na zona primária, porém, não ocorre a fragmentação. Geralmente constitui-se de grupos lamelares justapostos em uma formação contínua.

Cavaco parcialmente contínuo: Ocorre propagação parcial da trinca na zona de cisalhamento. Tal movimento é parcial devido a interrupção ocasionada pela perda de contato ferramenta-peça, pela presença de tensão de compressão na zona cisalhada e baixo acúmulo de energia elástica na ferramenta.

Cavacos descontínuos: Ocorre basicamente no processamento de materiais frágeis, como o bronze e ferro fundido cinzento. A formação de cavaco descontínuo está ligado a processos de usinagem que envolvem baixa velocidade de corte, ângulos de saída menores e etapas que envolvem grande avanço. Neste tipo de cavaco há a propagação da trinca na zona de cisalhamento, por isso, com o aumento da velocidade de corte o cavaco se torna mais contínuo, devido ao aumento do calor no processo.

Cavaco segmentado: Ocorre em processos com materiais de baixa condutividade térmica (inox e materiais aeronáuticos). Representa grandes deformações nas regiões com pouca ou nenhuma deformação interna. Geralmente está ligado a diminuição da resistência mecânica do material utilizado, devido ao aumento da temperatura que se iguala ou ultrapassa. O cisalhamento neste tipo de formação de cavaco, inicia-se em um plano de cisalhamento particular, no momento na qual as tensões geradas pelo movimento da ferramenta contra a peça ultrapassam o limite de escoamento do material da peça.

2.3.2 FORMAS DE CAVACO

Segundo FERRARESI (1995) pode-se classificar o cavaco quanto a sua forma. Existe basicamente 4 formas de cavacos e estes são: Cavaco em fita; Cavaco helicoidal; Cavaco espiral; Cavaco em lascas ou pedaços. Destaca que certas formas de cavacos estão totalmente relacionadas com a performance do processo de usinagem, o acabamento de superfície da peça e também o desgaste da ferramenta.

DINIZ et al. (2008) A forma final do cavaco é influenciada totalmente pelo material da peça e durante o processo de fabricação utilizado, o cavaco adquire determinadas formas que variam de acordo com a velocidade de corte, aumento do ângulo de saída, o avanço e a profundidade de corte. Assim pode-se estabelecer tais definições de cada uma destas formas de cavaco:

Cavaco em fita: É considerado a pior formação devido ao fator de risco envolvido, pois pode se enrolar em torno da peça, dos componentes da máquina ou da ferramenta. Pode ainda gerar problemas de transporte devido ao grande volume que ocupa, dificulta a refrigeração desperdiçando o fluido de corte e prejudica o corte afetando o acabamento.

Cavaco helicoidal: é o tipo de cavaco mais conveniente, pois é expulsado facilmente do espaço entre os dentes da ferramenta.

Cavaco espiral: Cavacos com formato de espiral são cortados pela aresta de corte e encurvados pelo canal. Este tipo de cavaco é produzido quando a taxa de avanço de um material nodular é pequena. Se o cavaco quebrar após inúmeras voltas, o desempenho de saída do cavaco é satisfatório.

Cavaco em lasca ou pedaço: Geralmente aparece quando há pouco espaço na interface ferramenta-peça, ou quando se deve remover o cavaco através da utilização de fluido sob pressão. Se for de conhecimento do processo de usinagem esta forma de cavaco, devem ser estipulados previamente qual tipo de fluido utilizar, pois a utilização do mesmo é de suma importância para que a ferramenta não seja danificada.

Na Figura 14, estão representadas as principais formas de cavaco que podem ser geradas durante a usinagem de uma peça. Pode-se perceber as diferenças de volume e espaço que cada uma pode ocupar.

Figura 14 – Formas de cavacos: a) Cavaco em fita b) Cavaco helicoidal c) Cavaco espiral d) Cavaco em lasca

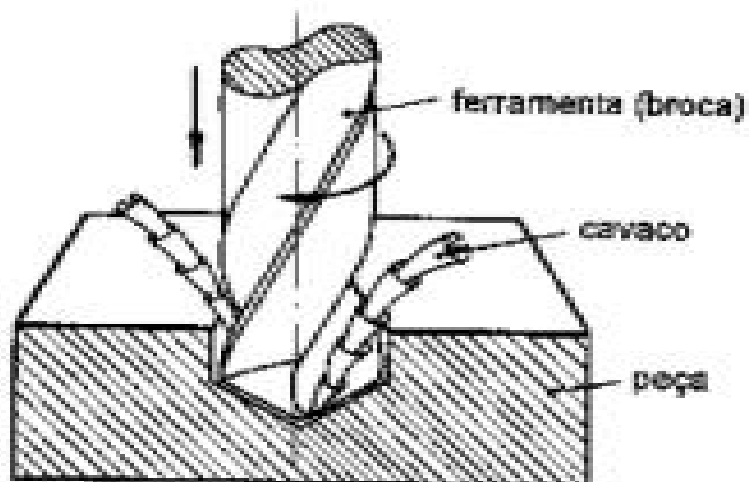


Fonte: Diniz et al. (2008)

2.3.3 FORMAÇÃO DE CAVACO NO PROCESSO DE FURAÇÃO

A formação do cavaco durante a furação, pode ser facilmente compreendida, como mostra a Figura 15, onde está representada a perfuração de uma peça por uma broca e ao mesmo tempo há a saída de cavacos das frestras entre a ferramenta e a peça.

Figura 15: Formação de cavaco durante o processo de furação.



Fonte: João Carlos Espíndola Ferreira (2009)

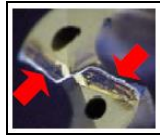
DINIZ et al. (2008) Quando se fala no processo de furação, deve-se tomar um devido cuidado para realizar a evacuação dos cavacos de dentro do furo, pois estes podem causar diversas avarias como a danificação de ferramenta, entupimento do furo e aumento do momento torsor. Por isso é de suma importância estimular a formação de cavacos que tenham forma que facilite sua remoção do furo. Basicamente são induzidos neste processo a geração de cavacos helicoidais ou em lasca. O fato da broca mais utilizada no processo de usinagem (no caso a furação) ser da forma helicoidal, é necessário evitar a quebra deste tipo de broca durante a furação, pois a retirada deste tipo de ferramenta do furo, pode causar perda total de uma peça. Ainda reforça que para auxiliar na remoção de cavaco durante este processo de usinagem, pode-se construir canais nas brocas utilizadas proporcionando um melhor fluxo do fluido e também pode-se adotar um ciclo controlado do processo (frequência pré-definida). Outras alternativas podem ser utilizadas, como o fator de insertos e ou pastilhas. Tais acessórios podem ser acoplados nas brocas gerando a intercambialidade, ou seja, atribuindo a geometria adequada referente a velocidade de corte durante o processo.

2.4 AVARIAS E DESGASTES

Segundo DINIZ et al. (2008), as arestas de corte de uma ferramenta sofrem um desgaste natural quando é sujeito ao processo de furação. É impossível de ser evitado esse desgaste, entretanto na maioria das vezes pode ser controlado. Podendo ser classificados como:

- a) **Desgaste Frontal (ou de flanco)** é causado pelo contato e atrito entre a ferramenta e a peça e ocorre na superfície de folga, esse contato pode estragar o acabamento superficial da peça, visto que muda totalmente a aresta de corte original. Este tipo de desgaste é o mais comum.

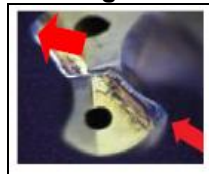
Figura 16 – Ocorrência do desgaste frontal



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

- b) Desgaste de Cratera** é provocado pelo atrito entre o cavaco e a ferramenta e ocorre na região de saída. Raramente acontece em ferramentas de metal duro recobertas, principalmente se for com Al_2O_3 . Esse tipo de desgaste quando juntado ao desgaste frontal acaba resultando na ruptura da ferramenta.

Figura 17 -Desgaste de cratera



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

Além disso, tem-se também a avaria que é um dano não previsto que pode ocorrer com a ferramenta. Porém se a causa é conhecida pode ser evitado, no entanto não se pode controlar, existe diversos tipos de avarias, como:

- c) Deformação Plástica da Aresta de Corte** - é gerado por grandes esforços de corte na ponta da ferramenta que ocasionam aumento da temperatura, esses tipos de deformações implicam no controle do cavaco e afeta o acabamento superficial da peça. Geralmente é evitável empregando uma ferramenta com uma dureza mais elevada a quente e também uma maior resistência à deformação plástica.

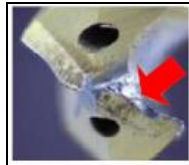
Figura 18- Deformação plástica da aresta de corte.



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

- d) **Lascamento** - é ocasionado quando se utiliza ferramentas com aresta de corte com ângulos de cunha pequenos, em consequência de pouca resistência à choques e incrustações duras existente no processo.

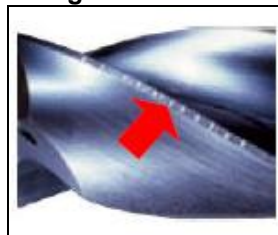
Figura 19 – Lascamento da broca



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

- e) **Trinca** – é causada pelo um resfriamento brusco logo após o aquecimento da ferramenta.

Figura 20- trinca



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

- f) **Microtrinca** – é causada pela excessiva variação de temperatura e ou esforços mecânicos. Quando de origem térmica elas ocorrem perpendicular à aresta de corte e quando têm origem mecânica são paralelas à aresta.

- g) Quebra** – pode ocorrer eventualmente por causa de variados fatores como: crescimento de um ou mais desgastes ou avarias, carga excessiva sobre a ferramenta, entupimento de canais de expulsão de cavacos, ferramenta muito dura, etc.

Figura 21- quebra da broca



Fonte: (SANDVIK COROMANT, 2006 apud FORTUNATO, 2012)

De acordo com Bordin et al. (2011) com o intuito de comparar o desgaste e a força de avanço na determinação do critério de fim de vida de uma broca helicoidal revelou que a força de avanço é maior para as ferramentas em fim de vida do que para as ferramentas novas.

2.5 A ESCOLHA DO MATERIAL DA FERRAMENTA UTILIZADA NO PROCESSO

Segundo DINIZ et al (2008), a escolha do material da ferramenta deve levar em consideração vários critérios. Entre os principais, destaca-se:

O tipo de material a ser usinado: Fatores físicos como a dureza e forma final do cavaco.

O processo de fabricação utilizado: Utilização de ferramentas de pequeno diâmetro que rotacionam devido a utilização de materiais antigos na composição das ferramentas.

Performance do maquinário: Potência do maquinário utilizado, velocidade, estado de conservação. Outros fatores como a forma e dimensão das ferramentas, condições de operação e as condições de usinagem.

2.5.1 AS CONDIÇÕES DE VIDA DA FERRAMENTA E SEU DESGASTE

Define-se como vida de ferramenta todo tempo de vida de uma ferramenta, ou seja, desde seu primeiro uso efetivo, até atingir a perda parcial da capacidade de corte, atendendo critérios pré-definidos. Basicamente uma ferramenta é marcada como imprópria quando: O desgaste é tão grande a ponto de quebrar a aresta de corte; quando ocorre Desgaste da superfície de folga da ferramenta; quando há um Desgaste tão alto que gera o aumento da temperatura da aresta de corte.; Quando a ferramenta passa a Interferir no funcionamento normal do maquinário. Por isso afirma que é necessário que o operador tenha um bom conhecimento de toda interface máquina-ferramenta e que também tal operador pode ser auxiliado através da utilização de diversos aparelhos tecnológicos para detectar de maneira mais fácil e rápida o real desgaste da ferramenta. DINIZ et al (2008).

2.5.2 AS CONDIÇÕES DE VIDA DA FERRAMENTA E SEU DESGASTE NO PROCESSO DE FURAÇÃO

Segundo DINIZ et al. (2008) No processo de furação, o principal fator no desgaste da aresta transversal de corte baseia-se na geração de calor no interior do furo da peça, e este calor é formado principalmente pelo atrito entre a peça e os cavacos.

2.6 FLUIDOS DE CORTE

A função do fluido de corte é inserir uma melhoria no processo, podendo ser essa melhoria na parte funcional ou econômico. A melhoria econômica é observada pelo menor consumo de energia durante o processo, redução do custo da ferramenta na operação, etc. A melhoria funcional é observada pelo melhor desempenho no mecanismo de formação de cavaco, pela facilidade de expulsão de cavaco produzido na região de corte, etc.

De acordo com Diniz et al (2008) foi em 1890 por F. W. Taylor os primeiros relatos sobre a utilização de fluidos de corte no processo de usinagem que utilizou água para resfriar a ferramenta. Por conta de a água causar oxidação da peça e não ter quase nenhum poder lubrificante, foram realizados ao longo do tempo variados estudos permitindo o aparecimento de novos tipos de fluidos. Com o objetivo de eliminar ou reduzir a utilização de fluidos de corte na usinagem, tem se intensificado esses estudos, também levando-se em consideração os custos operacionais da produção, a saúde dos operadores envolvidos e a preservação do meio ambiente.

Entretanto, os fabricantes de fluido de corte já observando o que essa redução pode lhes causar também estão desenvolvendo óleos com a vida útil mais duradoura, assim otimizando o descarte e causando menor risco a saúde do operador e não perdendo sua aplicabilidade de lubrificar.

2.7 SEIS SIGMA E A METODOLOGIA DMAIC

Desde o século XX a busca por produtos de melhor qualidade e a adequação ao desenvolvimento tecnológico se intensificou. Esse fato basicamente foi iniciado pela fase de transição das atividades agrícolas para as atividades voltadas ao ramo industrial. Naquela época a maioria dos países se embasavam em um ambiente produtivo totalmente artesanal e agrícola, na qual o principal avaliador de qualidade era o próprio artesão ou o trabalhador rural. Deste modo ao decorrer dos anos, houve a percepção de que era necessário desenvolver critérios e parâmetros ou até mesmo metodologias de trabalho que verificassem com maior confiabilidade as peças e produtos finais. Esta forma de analisar e controlar a qualidade e ao mesmo tempo desenvolver a capacidade de adaptação aos consumidores vem se mostrando efetiva ao decorrer dos anos, iniciando nos EUA, desde Henry Ford e a produção em larga escala de automóveis até os dias de hoje, evidenciando que a procura pela qualidade de bens, produtos e serviços é algo que sempre foi almejado e para tanto é necessário que a busca pela qualidade deve ser em primeiro lugar um esforço total de cada empresa ou do fabricante. Este fato marcou a mudança dos padrões de qualidade e pode ser classificado como a *revolução Seis-Sigma*, que basicamente foi criado em 1980 pela empresa Motorola. A *revolução Seis-Sigma*

pode ser entendida como uma análise quantitativa que aplica uma melhora produtiva dentro de uma empresa, ou seja, através de uma nova metodologia de administração é possível desenvolver parâmetros que promovam a melhoria de produtividade e ainda aumentar o lucro de uma empresa (ECKES,2001).

O método seis-sigma pode ser compreendido de outra forma. Segundo ROTANDARO et al (2006), o Seis-Sigma pode ser entendido como uma ideologia de trabalho, na qual se almeja o controle e o triunfo comercial, através da implementação de técnicas que possibilitam a melhora continua dos procedimentos envolvidos na área produtiva de um produto ou serviço, ou seja, é um plano de gerenciamento de processos que permite que as empresas aumentem sua lucratividade pela eliminação de defeitos e erros durante a etapa produtiva. Tal ideologia tem como foco principal o consumidor e o produto final.

Segundo PANDE et al (2001), basicamente as principais vantagens da utilização da filosofia Seis-Sigma em um ambiente de produção são:

- a) **Produzir e manter o sucesso:** Através da inovação e da remodelagem da organização empresarial, é possível criar novas técnicas e hábitos que promovam o enrobustecimento constante.
- b) **Desenvolver metas de desempenho:** Através da análise de fornecedores, clientes, e qualidade de produtos, a metodologia Seis-Sigma cria táticas diferentes que apresentam taxas de desempenho altíssimos comparados com métodos simples (métodos que focam somente em uma direção, ou meta.)
- c) **Foco no cliente ou consumidor:** Não basta apenas fornecer produtos de qualidade ao consumidor, mas deve ser estipulado, maneiras de cativar o cliente e ao mesmo tempo manter a lucratividade da empresa.
- d) **Foco na melhoria do produto ou serviço:** Com a disputa existente no mercado global, a empresa que deseja triunfar deve se utilizar de diversas áreas do conhecimento (engenharia, física, química, etc.) para melhorar o desempenho produtivo e refinar suas ferramentas de trabalho.
- e) **Almejar o aprendizado:** O Seis-Sigma faz com novos conhecimentos e ideias sejam divulgados por todos os setores de uma empresa ou indústria. Muitas vezes, ainda podem ser compartilhados pessoas

experientes em algum setor para outras filiais da mesma empresa, propagando melhores ideias e até mesmo a competência de coloca-las em prática.

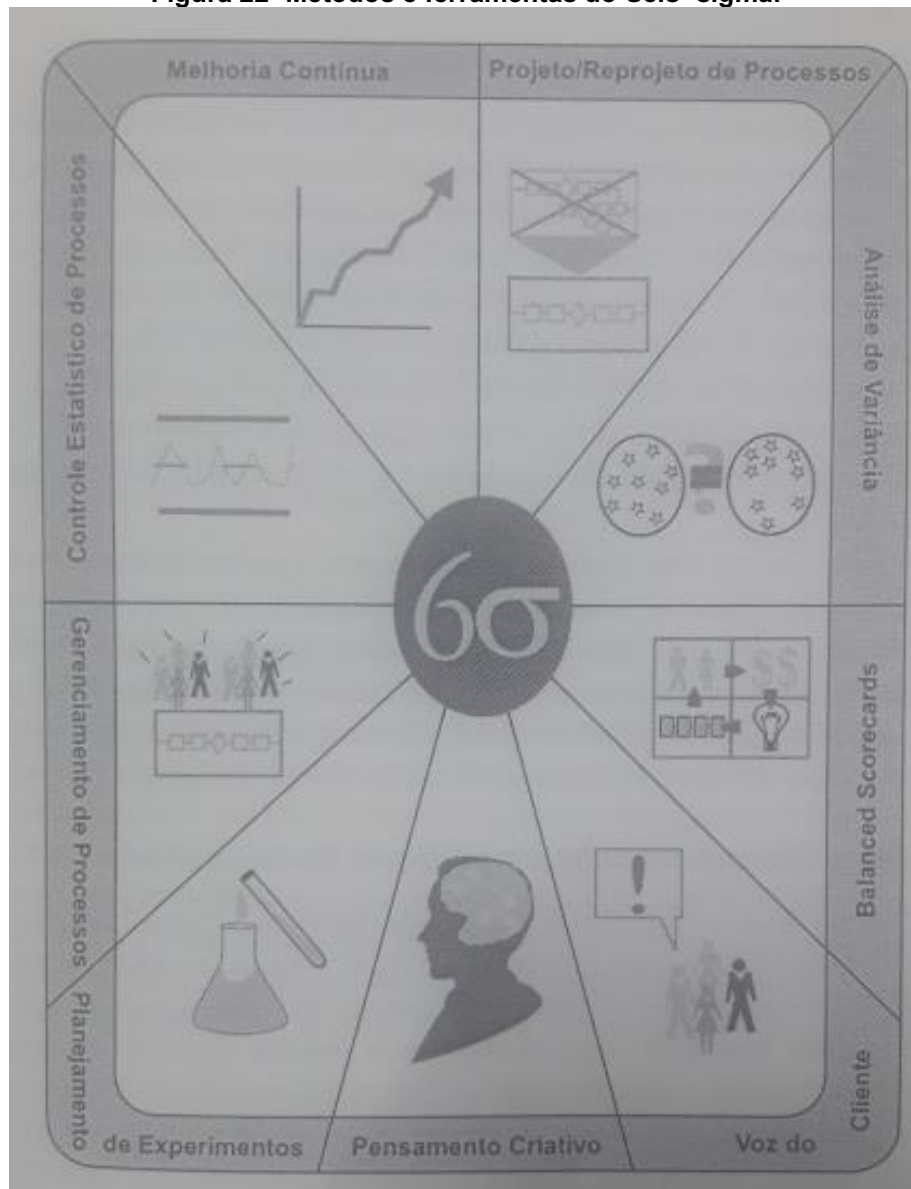
- f) Mudanças no gerenciamento empresarial:** Estabelece que toda equipe da empresa (aqueles que constituem o corpo administrativo) deve conhecer muito bem todo processo de gerenciamento dos setores da corporação, ou seja, deve-se criar a capacidade de analisar falhas para promover os devidos ajustes na produção.

Ainda pode-se citar mais utilidades. Segundo ROTONDARO (2006), existem vantagens que podem ser alcançadas com a implementação do parâmetro Seis-Sigma. Entre elas destaca-se:

- a) Aumento da produção
- b) Aprimoramento e diminuição de processos internos da empresa.
- c) Redução de falhas e defeitos ou até mesmo a eliminação das mesmas.
- d) Redução dos custos, através da eliminação de processos desnecessários.
- e) Satisfação garantida dos clientes.
- f) Renovação contínua do gerenciamento empresarial
- g) Elevação do nível de qualidade
- h) Engajamento da equipe empresarial
- i) Reciclagem dos conhecimentos
- j) Fornecimento da estrutura necessária para a aplicação de ferramentas e métodos de caráter estatístico.

Na Figura 22, pode-se ver uma representação de uma simples estrutura dos principais métodos utilizados na metodologia Seis-Sigma:

Figura 22- Métodos e ferramentas do Seis -sigma.



Fonte: PANDE et al (2001)

2.7.1 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE QUALIDADE QUE SÃO UTILIZADAS NA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Segundo ROTONDARO et al., 2006, existe a necessidade de se definir corretamente todos os projetos que vão receber uma atenção maior, bem como a aplicação dos variados recursos organizacionais nestes projetos almejados. Basicamente a escolha do projeto correto deve levar em consideração os principais parâmetros de melhoria de qualidade e os parâmetros que contribuam para o

alinhamento das estratégias da empresa com o aumento da eficiência e da eficácia, para que seja garantido as vantagens competitivas do mercado mundial.

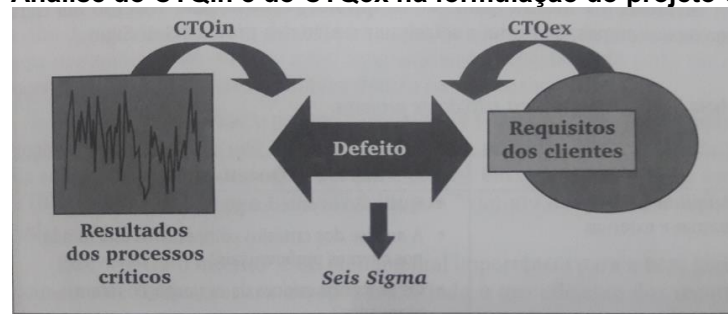
Segundo PMBOK (2000), O início de um projeto a ser implementado dentro de uma empresa, geralmente é marcado pelas necessidades de negócios, que basicamente são estimuladas por algumas destas ocasiões:

- A demanda do mercado
- Algum tipo de carência do negócio
- A exigência dos clientes
- O avanço da tecnologia
- Alguma exigência valida

Para se garantir a correta aplicação dos parâmetros de melhoria no projeto pré-definido, deve-se em primeiro lugar estabelecer os pontos críticos que afetam diretamente a qualidade. Desta análise surge então o CTQ (Critical to quality), que tem como finalidade avaliar todos os fatores que afetam a qualidade, que podem ser tanto de origem das necessidades de mercado (origem externa), como de origem dos processos internos da empresa (origem interna). Respectivamente podem ser classificadas como CTQin (de origem interna) e CTQex (de origem externa). Estabelecido todas as características que interferem na qualidade, a empresa é capaz de promover os projetos Seis-Sigma, reduzindo as falhas no produto final, ou seja, reduzindo a variação das CTQin e CTQex (PMBOK,2000).

Pode-se ver na Figura 23, como é o mapeamento dos pontos críticos em análise:

Figura 23- Análise do CTQin e do CTQex na formulação do projeto Seis-Sigma.



Fonte: ROTONDARO et al (2006)

Abaixo, na Figura 24, está representado uma possível reflexão de como identificar o alvo dos projetos Seis-Sigma:

Figura 24- Identificação do alvo seis-sigma

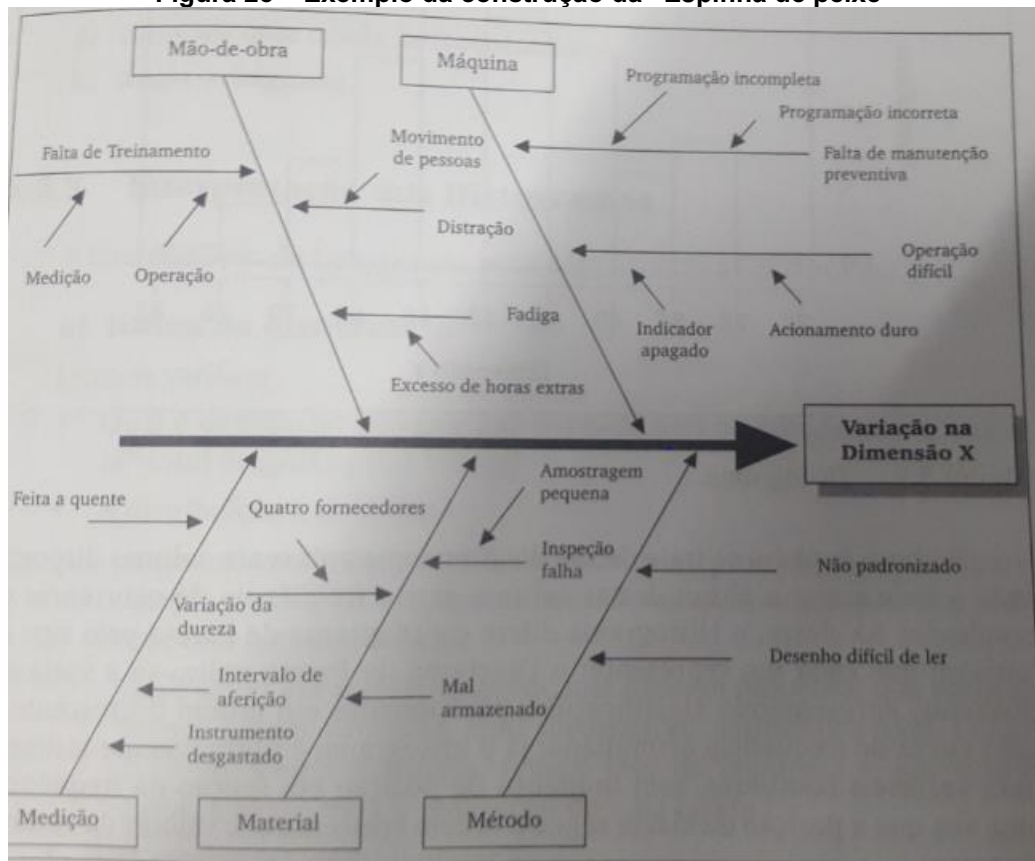
Etapas	Questões
Identificar as CTQs internas e externas	<ul style="list-style-type: none"> • Quais são os critérios ganhadores de pedidos? • A análise dos critérios competitivos está focada nos clientes preferenciais? • Os processos críticos da organização foram mapeados? • As CTQs têm um defeito identificável, sendo possível mensurar o impacto do projeto?
Identificar lacunas de desempenho (gaps)	<ul style="list-style-type: none"> • Existe risco de perda de competitividade com os atuais níveis de desempenho? • O desempenho atual apresenta uma lacuna significativa (gap) diante dos concorrentes? • Nosso desempenho é pior que os dos concorrentes nas CTQs?
Determinar se o escopo e a amplitude do projeto são gerenciáveis	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto tem apoio e recursos adequados proporcionados pelas partes interessadas (stakeholders)? • Os recursos disponíveis são suficientes para concluir com sucesso o projeto? • Qual o horizonte de tempo necessário para a conclusão do projeto? • Existem muitas áreas envolvidas no projeto? • Os "donos" dos processos envolvidos participam do projeto? • Existe duplicidade ou conflito com outros projetos da organização?
Determinar a viabilidade do projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o risco de o projeto não obter a melhoria de desempenho planejada (viabilidade técnica)? • Os benefícios obtidos com o projeto são maiores que os custos (viabilidade econômica)? • Existem recursos suficientes para financiar o projeto (viabilidade financeira)?

Fonte: ROTONDARO et al (2006)

Dentro do parâmetro de escolha do projeto, a metodologia Seis-Sigma pode ser auxiliada por diversas ferramentas, entre elas: Gráficos, Amostragem, mapeamento, Diagrama de kano, etc. Porém para este projeto, será representado uma breve conceituação sobre o diagrama de causa-efeito (também conhecido como “Espinha de peixe”) e o diagrama de Pareto, respectivamente.

Segundo ROTONDARO et al., (2006), a **“espinha de peixe”** é uma ferramenta que auxilia na representação da ligação entre um resultado de um processo ou procedimento (resultante de efeito) e os variados aspectos que influenciam neste resultado. Basicamente, o diagrama de causa-efeito é utilizado na expansão de dados e informações sobre o problema em análise, aumentando as chances de identificação de suas causas e assim ser possível atingir soluções viáveis. Para isto, é necessário a formação de um grupo ou equipe que esteja a par de toda a situação, ou seja, devem estar envolvidos e detendo todo o conhecimento possível sobre o processo a ser melhorado. Como na maioria dos projetos Seis-Sigma, o resultado almejado é quase sempre a erradicação de um problema, o diagrama de causa e efeito se torna necessário para que seja possível abrir o campo de visão das possíveis falhas que geram os variados tipos de contratempos dentro de uma empresa. Deve ser lembrado que sua utilização é somente para busca e levantamento de hipóteses, e somente após o contraste das causas levantadas com dados baseados em argumentação lógica, que será possível assimilar ou descartar alguma ideia. Abaixo, na Figura 25, se encontra um exemplo desta ferramenta:

Figura 25 – Exemplo da construção da “Espinha de peixe”



Fonte: ROTONDARO et al (2006)

Segundo ROTONDARO et al., 2006. O **diagrama de Pareto** pode ser entendido como uma representação gráfica das informações, no qual são apresentados os dados de maneira que seja concentrada todos os esforços de melhora, nos pontos que se possa obter os maiores ganhos possíveis. Com isso é possível dividir um problema grande em um numero de problemas menores, estabelecer as principais metas a serem atingidas e ainda priorizar os problemas considerados “pouco vitais”. A construção do **diagrama de Pareto** pode ser feita obedecendo as seguintes etapas:

- 1) **Definir o problema que será analisado:** A primeira etapa consiste no conhecimento da frequência dos principais defeitos e falhas que geram um determinado problema. Como a frequência não pode ser considerada o fator mais importante na análise de ocorrência de falhas, deve ser levado em consideração os fatores de custo, gravidade e o tempo gasto.

- 2) **Listagem das causas de estratificação:** Agrupamento e estruturação dos dados obtidos. Geralmente estes dados devem ser separados por categorias, para facilitar a leitura e compreensão.
- 3) **Coleta de informações:** Nesta etapa, deve ser determinado o modo e o período de coleta de informações e após isto, há a necessidade de construir uma lista de verificação.
- 4) **Elaboração de planilha:** Nesta última etapa deve ser elaborada uma planilha que contenha os dados separados por: categorias, quantidades, percentagem da totalidade, percentagem de acúmulos.
- 5) **Diagrama e a linha percentual de acumulo:** Esta é a ultima etapa do processo, que consiste na elaboração do diagrama final com seu respectivo percentual de acumulo.

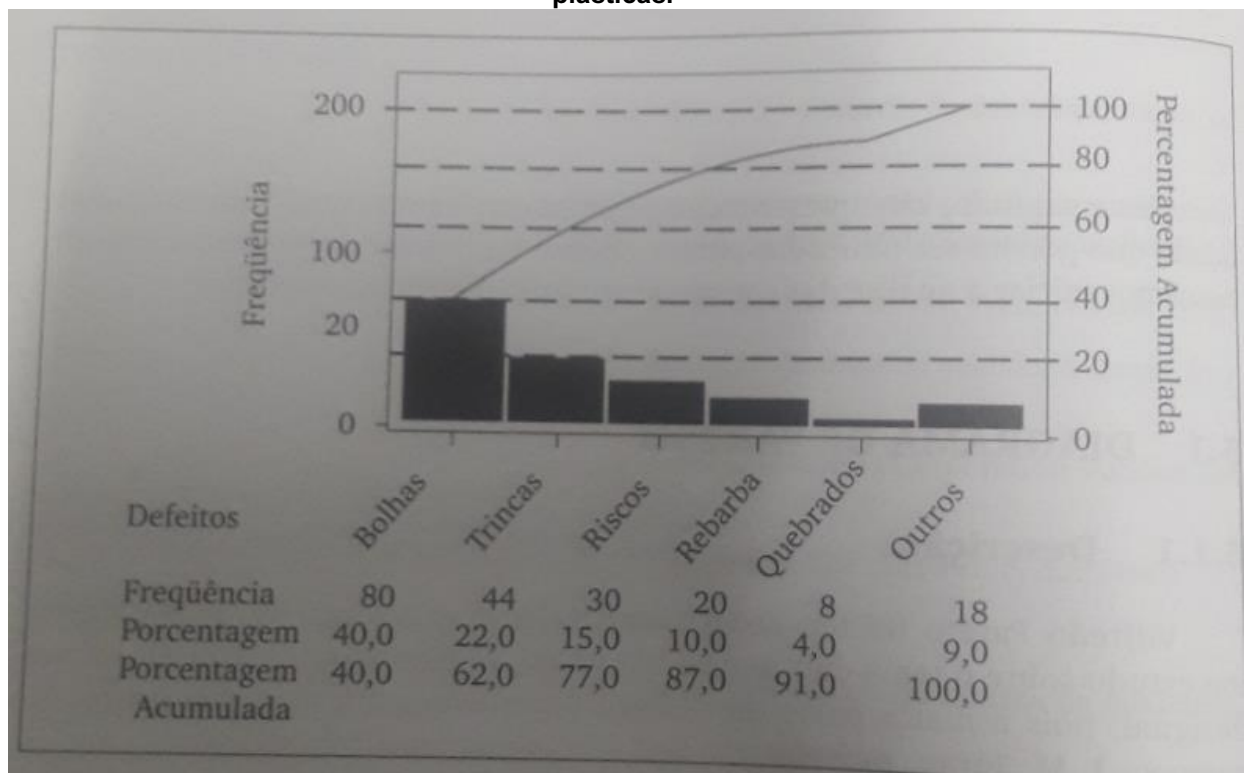
Segue abaixo, na Tabela número 1 e na Figura 27, uma demonstração da ferramenta de Pareto e seus respectivo gráfico, respectivamente, mostrando a construção e distribuição dos dados colhidos para este tipo de situação. Basicamente estas representações mostram como um problema em análise em uma linha de produção de peças plásticas pode ser subdivido em problemas menores, facilitando a elaboração de possíveis soluções de melhoria.

Tabela 1 – Exemplo de coleta de dados de uma produção de peças plásticas

Categorias	Frequência	% do Total	% Acumulada
Bolhas	80	40	40
Trincas	44	22	62
Riscos	30	15	77
Rebarbas	20	10	87
Quebras	8	4	91
Outros	18	9	100
Falhados	6		
Queimados	6		
Tortos	6		
Total	200	100	

Fonte: ROTONDARO et al (2006)

Figura 26- O diagrama de Pareto relacionado aos dados da coleta da produção de peças plásticas.



Fonte: ROTONDARO et al (2006)

2.8 DMAIC

Ao citar-se os principais processos de usinagem dentro do ambiente fabril, deve ser lembrado que durante o processo de fabricação de um produto, devido aos curtos prazos e os menores custos estipulados na demanda de produção, pode haver o negligenciamento de subprocessos e minúsculas etapas, que quando não são corretamente inspecionadas, podem acarretar no mau funcionamento do processo e ao mesmo tempo, não será obtido o produto final com a qualidade desejada (SANTOS I.A et al 2018).

Todo este controle é necessário, devido a acirrada competição de mercado, na qual cada empresa com o objetivo de alcançar os menores custos e a melhor qualidade possível, se tornam obrigadas a adotar metodologias e parâmetros para que se torne possível a obtenção de mercadorias ou produtos com presteza de prazos e custos, serviços mais eficientes e que haja o menor numero de falhas. Uma das principais técnicas utilizadas é a utilização do parâmetro DMAIC. A utilização da metodologia DMAIC, em conjunto com suas inúmeras táticas estatísticas tem como objetivo auxiliar os líderes empresariais e o corpo de gerenciamento administrativo, a alcançar as metas produtivas, reduzindo a complexidade do processo e ao mesmo tempo estabelecendo ao relacionamento estratégico com os fornecedores e também seus clientes (SANTOS I.A et al 2018).

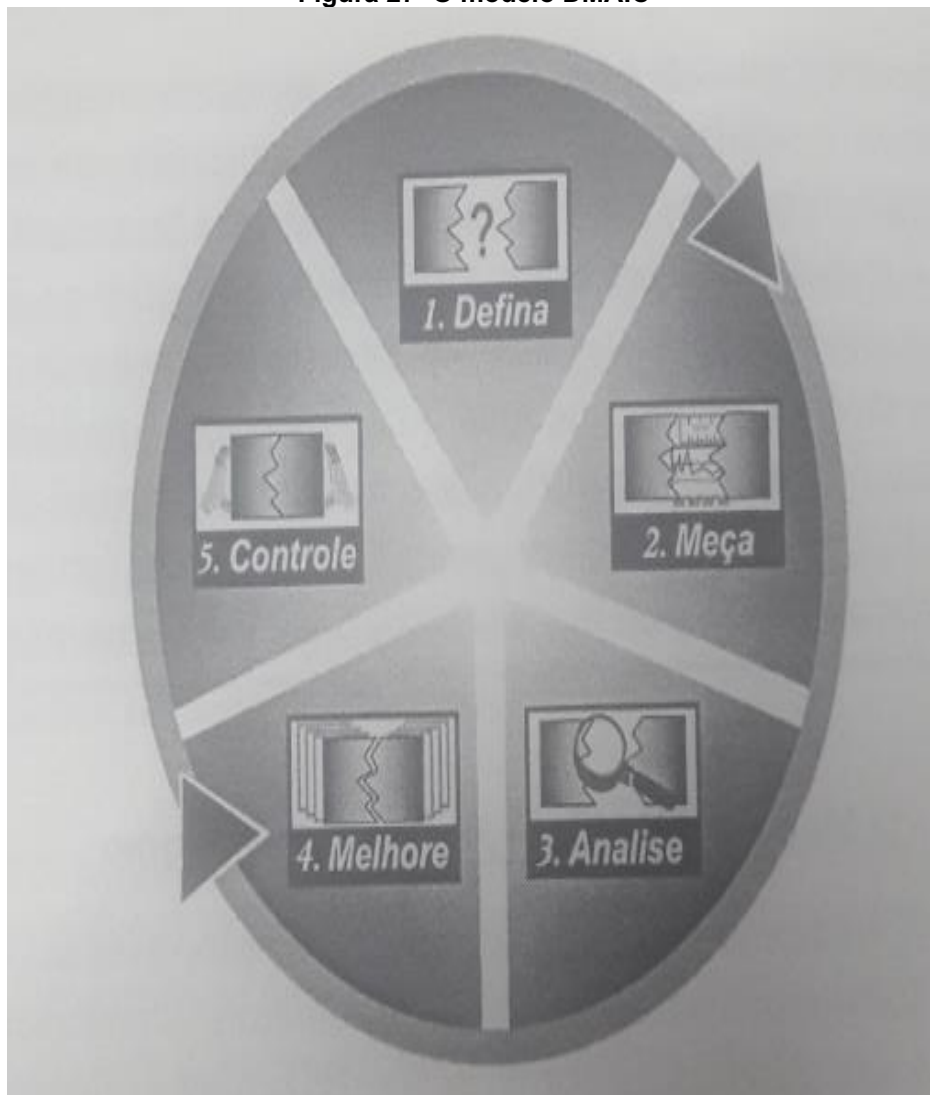
O DMAIC surgiu na década de 80, como uma alternativa de desenvolvimento de um padrão universal de qualidade capaz de medir a capacidade de como um processo independente pode se tornar altamente complexo (HARRY and SCHROEDER, 2000).

O rápido progresso econômico mundial juntamente com fatores como a redução da margem de lucro, busca por qualidade por parte dos clientes , variação dos tipos de produtos a serem oferecidos e diminuição da taxa de espera impactaram de forma significativa os meios de funcionamento e gerenciamento de uma linha produtiva, ou seja, as indústrias atuais buscam cada vez mais meios e alternativas que melhorem de maneira significativa seus processos de fabricação. Todo este ambiente de mudanças foram e ainda continuam sendo implementados graças a metodologia DMAIC (ROUT et al 2014).

Segundo Sanders e Hild (2001) é através do DMAIC que foi e ainda é possível, através da flexibilidade de qualidade de um produto e otimização do processo produtivo, alcançar a satisfação de clientes e reduzir custos de fabricação.

Deve ser ressaltado também que é graças a metodologia DMAIC que é possível diminuir a variação dos procedimentos críticos de um processo, para que seja promovida a melhora continua e relevante de um produto, trazendo deste modo uma melhora significativa nos índices de qualidade da empresa ou indústria e ainda aproximando cada vez mais o cliente (SCATOLIN, 2005 apud RASIS,2002). Na Figura 28, está representada a estrutura básica do modelo DMAIC.

Figura 27- O modelo DMAIC



Fonte: PANDE et al (2001)

Na figura 29, está representado alguns pontos críticos para a elaboração do escopo no qual será utilizado a metodologia DMAIC.

Figura 28- Exemplo da metodologia DMAIC.

Passos	Melhoria de Processo	Projeto/Reprojeto de Processo
1. Definição	<ul style="list-style-type: none"> • Identifique a oportunidade • Defina recursos • Estabeleça métricas • Estabeleça metas e <i>entitlement</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifique problemas específicos ou amplos • Defina objetivo/Mude a visão • Esclareça o escopo e as exigências do cliente
2. Medição	<ul style="list-style-type: none"> • Valide oportunidade/metras • Faça o Mapa com variáveis de entrada e saída por fase do processo • Redefina problema/objetivo • Meça passos-chave/entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • Meça desempenho em relação às exigências • Colete dados sobre eficiência do processo
3. Análise	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolva hipóteses causais • Identifique causas-raiz 'poucas e vitais' • Valide hipóteses 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifique 'melhores práticas' • Avalie projeto do processo <ul style="list-style-type: none"> • Com ou sem valor agregado • Gargalo do processo ou desconexões • Caminhos alternativos • Redefina exigências
4. Implementação da Melhoria	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolva idéias para remover causas-raiz • Teste soluções • Padronize solução/meça resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Projete novo processo <ul style="list-style-type: none"> • Desafie suposições • Aplique criatividade • Princípios de fluxo de trabalho • Implemente novos processos
5. Controle	<ul style="list-style-type: none"> • Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho • Corrija problema quando necessário 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabeleça medidas e revisões para manter desempenho • Corrija problema quando necessário

Fonte: PANDE et al (2001)

- 1) A primeira fase, chamada de **DEFINIR**, consiste no entendimento e compreensão do problema a ser discutido, na qual serão distribuídas as tarefas aos participantes. Para que isto seja feito de maneira correta, todos os integrantes devem conhecer todos os conceitos da metodologia DMAIC, bem como seu funcionamento. (SANTOS I.A et al. 2018).
- 2) Segundo (SANTOS I.A et al 2018; LIN et al,2013) a fase **MEDIR** consiste no estabelecimento dos parâmetros para a realização da coleta de informações sobre o desempenho do ambiente em análise. Todo tipo de

informação coletada nesta etapa é de suma importância para realçar as oportunidades de melhora. Ao passo que a medição dos dados evolui os integrantes da metodologia DMAIC passam a ter maior conhecimento sobre os desafios e problemas que irão enfrentar. Deste modo a equipe desenvolve um novo olhar, analisando de forma minuciosa todo o processo, ou seja, a equipe realimenta a necessidade da coleta de dados que até então não eram definidos como importantes. Sendo assim se torna possível a validação e quantificação do problema e das principais oportunidades, que objetivam o estabelecimento de prioridades e decisões sobre os parâmetros que são necessários

- 3) A fase **ANALISAR** consiste na análise de todos os dados e informações, para que se tenha uma visão geral do setor e ou processo em análise. Através do processamento destas informações valiosas será possível identificar falhas e variáveis que afetam diretamente e indiretamente o processo. Muitas vezes é necessário o levantamento de outros dados, que no começo não foram levados em consideração (SANTOS I.A et al 2018; LIN et al,2013).
- 4) A fase **MELHORAR** é realizada após o levantamento de dados e da identificação dos problemas. Consiste na aplicação de métodos que corrijam os problemas observados, e ao mesmo tempo que sejam alcançadas as melhorias desejadas. É nesta fase que há a formulação e ou implementação de projetos, elaborados pelos integrantes da equipe (SANTOS I.A et al. 2018).
- 5) Em primeiro lugar, quando se faz uma análise de uma linha de produção, pode se identificar que existe a necessidade da manutenção de rotina para que a qualidade do processo não seja afetada. Ou seja, em qualquer tipo de processo, é necessário que seja feita a manutenção periódica de todo projeto que foi implementado, para que se tenha o controle total de todas as melhorias. A fase **CONTROLAR** basicamente consiste na padronização de controle que faz com que toda equipe responsável pelo gerenciamento produtivo possa monitorar o desempenho. É e nesta fase que também se aconselha a implementação de métodos estatísticos de

levantamento de dados (LIN ET AL,2013; MATOS,2003; SATOLO et al,2009).

Assim, fica claro que a utilização do DMAIC é essencial no desenvolvimento econômico de uma empresa, pois através das 5 etapas desta metodologia, a empresa é capaz de reduzir a complexidade de seus processos internos, e ainda auxiliar no controle de qualidade e na análise de possíveis falhas que possam interferir na qualidade do produto final. (SANTOS I.A et al. 2018).

3 METODOLOGIA

Um trabalho científico surge quando não se tem informações necessárias para resolver o problema e se faz necessário procurar informações mais eficazes ou então existem informações satisfatórias, porém é fundamental organizá-las antes de estudá-las. De acordo com Gil (1991), uma pesquisa tem como finalidade proporcionar argumentos aos problemas expostos sendo ela um procedimento racional e sistemático.

Após determinado o problema a ser analisado, o próximo passo deve ser adotar um modelo de pesquisa que encaminhará as posteriores ações. O modelo de pesquisa pode ser identificado como qualitativo ou quantitativo conforme Gil (1991).

Quando os problemas podem ser dimensionados em busca de análises e soluções, mediante ao uso de técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade é considerado como pesquisa quantitativa (SILVA; MENEZES, 2005).

Em conformidade com os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em Pesquisa Descritiva, Pesquisa Explicativa e Pesquisa Exploratória (GIL, 1991).

Segundo Gil (1991) nas pesquisas descritivas é detalhado o objeto de estudo (população, fenômeno, problema) empregando coleta e levantamento de dados qualitativos, mas principalmente quantitativos.

A pesquisa explicativa procura detectar e definir as causas de um problema, revelando a veracidade ao explicar a razão das coisas. É comum dar continuação a pesquisas exploratórias e descritivas pois oferecem um entendimento mais detalhado do tema abordado.

As pesquisas exploratórias têm como propósito ter uma familiaridade maior com o problema e torná-lo mais compreensível uma vez que o mesmo pode ser constituído em intuições tendo levantamento bibliográfico, baseado em hipóteses, exemplos e citações que auxiliam no entendimento do assunto, além de entrevistas com pessoas que tem experiência com o problema pesquisado (GIL, 1991). Por se utilizar muito a intuição do pesquisador, pesquisas bibliográficas e estudos de caso se aplicam nas pesquisas exploratórias.

Segundo Gil (1991), os procedimentos técnicos são classificados em: Pesquisa experimental que consiste em definir meios de controle e verificação dos resultados que origina a variável; Pesquisa Bibliográfica que é criada e fundamentada em conteúdos já existentes, composto em especial por artigos científicos e livros; Pesquisa Documental, similar a bibliográfica, entretanto trata-se de materiais ainda não analisados criticamente.

4 DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada se baseia na análise geral do processo de usinagem de furação que é utilizado em larga escala nas indústrias atuais, tanto como automotivas como aeroespaciais e mostrar o estudo de possíveis melhoras. Basicamente a análise consiste em observar e analisar o processo de formação de cavacos durante este processo, ou seja, levantar os dados necessários através da metodologia DMAIC, e ao mesmo tempo estabelecer possíveis ajustes, através da mudança da forma do cavaco final com a utilização de quebra-cavacos.

4.1 Descrição da análise da formação de cavacos durante o processo de furação pela metodologia DMAIC

1) A primeira etapa da metodologia consisti em definir as desvantagens da formação do cavaco no processo de furação, analisando a produtividade e os custos benefícios no final do processo:

A formação do cavaco no processo de furação é influenciada por diversos fatores que estão diretamente ligados ao aspecto econômico final do processo, tais como: Os esforços de corte, desgaste da ferramenta, o calor gerado na usinagem, a penetração do fluido de corte, etc.

2) Etapa de identificação: Nesta segunda etapa mensuramos que um dos principais problemas do processo de furação em materiais dúcteis (aços, alumínio) é o cavaco em fita que acarreta diversos problemas no processo, tais como: Segurança do operador visto que os cavacos se enrolam em torno da peça, dano à ferramenta e à peça, dificulta o manuseio e armazenamento do cavaco devido ao grande volume que ele ocupa.

Quando se tem um cavaco em fita também é necessário que o operador pare a máquina periodicamente para remoção do cavaco amontado, com isso se perde tempo ou então o operador tenta remover o cavaco com a máquina em funcionamento, o que representa um grande risco para sua segurança.

3) Na terceira etapa com o objetivo de analisar os problemas causados pelo cavaco em fita, umas das ferramentas adotadas seria uma comparação do custo econômico final de um processo de furação com cavaco em fita e outro com cavaco em lascas, sendo o processo exatamente igual para que a comparação seja de forma justa e eficaz.

4) Na quarta etapa com o intuito de implementar soluções para os cavacos em fita, foi observado que a melhor maneira e mais fácil de se aplicar são os quebra-cavacos.

Os quebras-cavacos podem ser postiços ou moldados na superfície de saída da peça. Alguma das desvantagens dos quebra-cavacos moldados na superfície de saída é a sua pouca versatilidade, sendo que as dimensões do quebra-cavaco estão diretamente ligadas à espessura, profundidade da usinagem, velocidade e o material usinado. Além de que esse tipo de quebra-cavaco impossibilita a afiação da ferramenta. Já o quebra-cavaco postiço exige que o operador tenha conhecimento da posição correta de se colocar o quebra-cavaco já que a posição depende do avanço e profundidade do processo.

Geometricamente a forma do cavaco é determinada pela combinação da curvatura vertical, ângulo do fluxo do cavaco e curvatura lateral. Com a colocação de um obstáculo no caminho do fluxo do cavaco que é o quebra-cavaco, se têm a melhor maneira de promover a curvatura vertical.

Apesar das condições de corte poderem ser escolhidas para evitar ou pelo menos reduzir a tendência de formação de cavacos longos em fita, até o momento, o método mais efetivo e popular para produzir cavacos curtos é o uso de dispositivos que promovem a quebra mecânica deles, que são os quebra-cavacos.

5) Na quinta etapa com o objetivo de garantir a manutenção dos resultados obtidos foi sugerido um monitoramento contínuo no processo e sempre verificando se a meta financeira foi atingida depois da implementação do DMAIC no processo. Juntamente com o auxílio das demais ferramentas de qualidade do Seis-Sigma, é possível estar sempre com o maior controle possível durante a etapa da formação de cavacos e após esta, dispor de dados, gráficos, histogramas, que efetuem a garantia de qualidade e manutenção da forma do cavaco desejado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Neste capítulo são discutidos os resultados obtidos para a melhoria na formação de cavacos, através da metodologia DMAIC. Na metodologia DMAIC foi visto que na primeira etapa foi criado um plano de projeto, com o auxílio de um escopo e os objetivos fundamentais para que se tenha sucesso no projeto. Assim definindo as desvantagens que se tem na formação do cavaco no processo de furação pode-se ver com mais clareza os aspectos mais relevantes que impactam no custo final do processo. Foi observado que o cavaco em fita precisaria de um armazenamento maior e isso impacta diretamente no custo e no tempo perdido para seu manuseio.

Na segunda etapa para mensurar o processo atual de furação, pode ser usado um gráfico de pareto que ajuda a dividir um problema grande em vários problemas menores, sendo assim priorizando os problemas mais vitais do processo. Como o cavaco em fita acarreta diversos problemas vitais no custo econômico, foi priorizado a solução deste problema. Na terceira etapa com o objetivo de analisar com mais ênfase os problemas causados pelo cavaco em fita, foi sugerido uma inspeção através de diagrama de causa e efeito afim de apresentar de forma clara e visual as possíveis causas, entretanto elas são apenas hipóteses, portanto com ajuda de gráficos de inspeção do projeto foi sugerido uma análise comparativa de um processo com cavacos em fita e outro com cavacos em lascas com o intuito de descartar ou considerar as causas reais do problema tendo uma visão do processo de melhoria do sistema, mas essa comparação tendo todo o cuidado com peças exatamente iguais para que se possa ter mais precisão dos processos.

Na quarta etapa com o intuito de eliminar o problema causado por cavacos em fita, através de testes de hipóteses foi visto que o melhor e mais eficaz jeito de se resolver foi com a implementação de quebra cavacos no processo, com um custo benefício excelente, sendo que alguns quebra cavacos já vem direto na broca, se torna uma grande vantagem em relação aos custos final do processo.

Na quinta etapa com o objetivo de se garantir e controlar a melhoria feita no processo, foi sugerido sistemas autônomos para o monitoramento contínuo do processo, porém muitas vezes há ajustes no processo e isso geralmente são

documentados em planos de controle, em casos como esse a equipe deve fazer o máximo para que o processo não tenha erros, e assim colocando controles adequados para que se tenha uma sistema de qualidade a longo prazo.

6 CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível analisar e conhecer de forma aprofundada um dos mais importantes processos de usinagem utilizados na indústria: O processo de furação. A presença deste tipo de processo na fabricação de uma peça ou de um componente é essencial para indústria mundial atual, visto que os grandes setores de produção precisam gerar pelo menos um furo em suas peças ou produtos finais. Como ponto de partida, pudemos ressaltar de maneira clara os conceitos do processo de furação, bem como suas principais etapas e componentes. Foi notável que apesar de ser um processo importantíssimo, ainda carece de melhorias tecnológicas, bem como a implementação de novos materiais de fabricação de ferramentas. Após a análise completa das etapas principais que constituem este processo, apresentamos a problemática da formação de cavacos durante a furação, que foi o foco principal deste trabalho. Pode-se concluir que o principal problema atual é a obtenção dos cavacos helicoidais ou espirais (que são mais vantajosos), visto que os cavacos em fita (que são os mais comuns durante a usinagem) geram diversas avarias, desde problemas de segurança ao operador até prejuízos econômicos para a indústria. Mediante a esta problemática envolvendo a formação de cavacos, pudemos estipular a necessidade de implementar projetos ou alternativas que fossem viáveis na melhora contínua do processo de furação. Para isso concluímos que a utilização do conceito Seis-sigma em conjunto com a metodologia DMAIC, é o conceito ideal para a possível erradicação do problema. Com o auxílio dos conceitos da metodologia Seis-Sigma e DMAIC, foi possível estipular uma previa alternativa, baseada na visão geral que se encontra o processo de furação e através das 5 etapas principais que constituem o DMAIC. Visto a problemática e sua possível solução, para que seja obtido o cavaco em forma helicoidal, concluímos que a melhor solução se encontra na utilização de quebra-cavacos, que podem ser tanto acoplados nas brocas, como moldados. Sendo assim, ficou claro que no ambiente fabril atual há a necessidade pela melhora contínua de qualidade de produtos e para que isto seja efetivado é necessário que todos os integrantes da empresa (tanto operários como o corpo de gerenciamento) estejam preparados, renovando cada vez mais seus conhecimentos sobre o determinado setor que se deseja melhorar e fazendo levantamento de dados periódicos para que a melhora seja efetiva e que haja o menor número de falhas.

7 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

-Propomos que em trabalhos futuros, sejam realizados testes de furação em corpos de prova (em universidades ou em alguma fábrica), para que seja efetuada uma completa análise do processo de furação (análise gráfica, dados estatísticos, etc.), com o foco na obtenção de cavacos na forma helicoidal. Para auxiliar nesta análise, propomos que também seja utilizada a metodologia DMAIC, com a finalidade de estabelecer todo o escopo inicial do projeto a ser estabelecido, desde o planejamento ou partida inicial, passando pela coleta de todos os dados necessários , até chegar nos resultados finais e na implementação de melhorias e novas alternativas viáveis que melhorem a produção em uma indústria.

- Propomos também que sejam feitas variações nos corpos de prova utilizados (materiais diferentes) ou até mesmo nos quebra cavacos, ou seja, ora realizar testes com quebra-cavacos moldados, ora com quebra-cavacos postigos, para que seja verificado as vantagens e desvantagens do uso de cada tipo.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6163 NB205: **Geometria de cunha de corte**. Rio de Janeiro: 1990.

CASTILLO, W. J. G. **Furação profunda de ferro fundido GG25 com brocas de metal- duro com canais retos**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

CHIAVERINI, V. **TECNOLOGIA MECÂNICA: PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E TRATAMENTO**. 2.ed., São Paulo: Editora McGraw-Hill., 1986.

DIN 6581: **Begriffe der Zerspantechnik: Bezugssysteme und Winkelam Schneidteil des Werkzeuges**. Berlin, Alemanha: BeuthVerlagGmbH, 42p, 1985.

DIN 8589-2: **Fertigungsverfahren SpanenTeil 2: Bohren - Einordnung, Unterteilung, Begriffe**. Berlin, Alemanha: BeuthVerlagGmbH, 12p, 2003.

DINIZ, A.; MARCONDES, F.; COPPINI, N.L. **TECNOLOGIA DA USINAGEM DOS MATERIAIS**. 6.ed., São Paulo: Artliber Editora LTDA., 2008.

ECKES, G. **A REVOLUÇÃO SEIS SIGMA**. 6.ed., São Paulo: Editora Campus., 2001.

FERRARESI, D. **FUNDAMENTOS DA USINAGEM DOS METAIS**. 9.ed., São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA., 1995.

FERREIRA, J.E.; **TECNOLOGIA DE CONTROLE NUMÉRICO-FUNDAMENTOS DA USINAGEM: FORMAÇÃO DE CAVACOS, TIPOS E FORMAS DE CAVACOS**. Disponível em http://www.grima.ufsc.br/cnc/transparencias/usinagem/Aula7_FundamentosUsinagem_v1.pdf /> Acesso em 10 de junho de 2019.

FISCHER, U. et al. **TabellenbuchMetall**. Lehrmittel: Editora Europa, Auflage 43. 422 p, 2005.

FORTUNATO, F. A. P. S. **Medição do Desgaste de Brocas Helicoidais de Aço Rápido Por Meio do Uso de um Dispositivo a LASER**, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Diretoria de Ciências Exatas, Universidade Nove de Julho, São Paulo. 2012.

GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.

HALEVI, G. WEILL, R. D.; **Principles of process planning - A logical approach**. 1. ed. Chapman & Hall, 1995. INTERNATIONAL STANDARD ISO 3685. Tool Life Testing with Single-Point Turning Tools, 1993.

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

JASINEVICIUS, R.G: **SEM 0343 PROCESSOS DE USINAGEM** < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2189390/mod_resource/content/1/Aula%20%20Fura%C3%A7%C3%A3o_2016.pdf /> Acesso em 10 de junho de 2019.

KÖNIG, W.; KLOCKE, F. **Tecnologia da Usinagem com Ferramenta de Corte de Geometria Definida - Parte I.** Traduzido por Prof. Dr. Ing. Walter Lindolfo Weingaertner e Prof. Dr. Eng. Rolf Bertrand Schroeter, do livro "Fertigungsverfahren - Drehen, Bohren, Fräsen". Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 2002.

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.

MACHADO, A.; ABRÃO, A.; COELHO, R.; SILVA, M. **TEORIA DA USINAGEM DOS MATERIAIS.** 1.ed., São Paulo: Editora Blucher., 2009.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC.** Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

OSG, **Master Catalogue, Cutting Tools.** OSG Distributor. 750 p., 2012.

PETER, A. PANDE.; ROBERT, P. NEUMAN.; ROLAND, R. CAVANAGH. **ESTRATÉGIA SEIS SIGMA.** 1.ed., Rio de Janeiro: Qualitymark Editora LTDA., 2001.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide.** Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2000.

RAMOS, A.W. **METODOLOGIA SEIS SIGMA,** Departamento de Engenharia de Produção Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- São Paulo. p. 1-3.

ROTONDARO, R.G.; RAMOS, A.W.; RIBEIRO, O.L.; MIYAKE, D.I.; NAKANO, D.; LAURINDO, F.J.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.** 1.ed., São Paulo: Editora Atlas S.A., 2006.

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, 2000-01

SANTOS I.A.; COPPINI, N.L. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA USINAGEM AUTOMOBILÍSTICA**. 1.ed., Editora Novas Edições Acadêmicas., 2018.

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**. 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.

STEMMER, G. E. **Ferramentas de Corte II**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

STOETERAU, **AULA 09 PROCESSO DE FURAÇÃO**. Disponível em <[http://files.mecanicabasica.webnode.com.br/200000076520ac53047/apostila%20so bre%20brocas.PDF](http://files.mecanicabasica.webnode.com.br/200000076520ac53047/apostila%20so%20brocas.PDF) /> Acesso em 10 de junho de 2019.

TAEGU TEC, **Master Catalogue, Metal Working Cutting Tools**. TAEGU TEC Distributor, 800 p, 2007.