

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
PAULO CESAR JUSTINO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**DESENVOLVIMENTO OTIMIZADO DE  
MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA USINAGEM  
DE RASGOS DE CHAVETA INTERNA  
(CHAVETEIRA AUTOMÁTICA)**

**Taubaté - SP  
2018**

**PAULO CESAR JUSTINO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**DESENVOLVIMENTO OTIMIZADO DE MÁQUINA  
AUTOMÁTICA PARA USINAGEM DE RASGOS DE  
CHAVETA INTERNA  
(CHAVETEIRA AUTOMÁTICA)**

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

Orientador: Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Maria Regina Hidalgo de  
Oliveira Lindgren

**Taubaté – SP  
2018**

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

O483d Oliveira Jr., Paulo Cesar Justino de  
Desenvolvimento otimizado de máquina automática para  
usinagem de rasgos de chaveta interna (chaveteira  
automática). / Paulo Cesar Justino de Oliveira Jr.. - 2018.

32f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2018  
Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren,  
Coorientador: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de  
Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica e  
Elétrica.

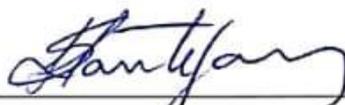
1. Rasgo de chaveta. 2. Chaveteira. 3. Fresadora. I.  
Título.

PAULO CESAR JUSTINO DE OLIVEIRA JUNIOR

DESENVOLVIMENTO OTIMIZADO DE MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA  
USINAGEM DE RASGOS DE CHAVETA INTERNA  
(CHAVETEIRA AUTOMÁTICA)

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



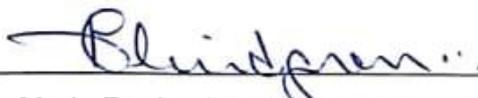
Prof. Me. FABIO HENRIQUE FONSECA SANTEJANI

Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgen  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATE

## DEDICATORIA

Dedico a Deus pelo dom da vida, a minha família pelo total apoio nessa caminhada vitoriosa. Dedico também a minha esposa Camila Duarte pelo incondicional apoio durante todo esse tempo.

Enfim, muitíssimo obrigado a todos!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família por toda a dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial a meu professor e orientador Paulo Lindgren. Agradeço também a minha instituição por ter me dado à chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

## EPÍGRAFE

“Sonhos determinam o que você quer.  
Ação determina o que você conquista.”  
(ALDO NOVAK)

## RESUMO

O presente trabalho visa explicar o desenvolvimento desde a necessidade até a fabricação e funcionamento, de uma máquina para abertura de rasgo de chaveta interna nos mais diferentes tipos de peças, que foi concebido devido à dificuldade para realização de tal processo em uma empresa, processo esse que é periódico, e é realizado em grande parte das empresas de usinagem. O processo normalmente consiste na abertura de rasgo de chaveta de maneira manual, e na maioria das vezes em fresadora ferramenta ou em uma plaina.

Para o desenvolvimento da máquina foi preciso conhecer quais os processos de abertura de chavetas internas, quais os processos são comumente utilizados, e quais tipos de máquinas são utilizados para tal processo, podendo assim fazer um comparativo entre os métodos convencionais e a máquina desenvolvida, e através dos resultados, fazer uma análise da eficácia em relação ao custo x benefício, já que o processo de fabricação da máquina tem baixo custo.

**Palavras-chave:** rasgo de chaveta. Chaveta. Chaveteira.

## **ABSTRACT**

The present work aims at explaining the development from since need up until manufacture and operation of a machine for opening of internal keyway in the most different types of parts, which was conceived due to the difficulty to carry out such process in a company, this process which is periodic, and is performed in large part of machining companies. The process usually consists of the opening of the keyway in a manual manner, and most often in a milling machine or a planer.

For the development of the machine it was necessary to know the processes of opening internal keyway, which processes are commonly used, and what types of machines are used for such a process, thus being able to make a comparison between the conventional methods and the equipment developed, and through the results, make an analysis of the effectiveness in relation to the cost x benefit, since the manufacturing process of the machine has low cost

**KEYWORDS:** keyway. milling machine

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da máquina a vapor de Watts.....	14
Figura 2 – Transmissão por engrenagem cilíndrica de dentes retos.....	15
Figura 3 – Transmissão por polias e correia.....	16
Figura 4 – Utilização da chaveta para união de elementos de máquinas.....	17
Figura 5 – Fresadora ferramenteira.....	18
Figura 6 – Abertura de rasgo de chaveta externo em fresadora.....	19
Figura 7 – Plaina.....	20
Figura 8 – Abertura de rasgo de chaveta interno em plaina.....	21
Figura 9 – Chaveteira Automática.....	26
Figura 10 – Detalhamento dos Componentes.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RPM      Rotações por minuto.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	12
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 A HISTORIA DA USINAGEM.....	13
2.2 ELEMENTOS DE MAQUINAS ENGRENAGENS E POLIAS.....	15
2.2.1 <i>ENGRENAGENS</i> .....	15
2.2.2 <i>POLIAS</i> .....	16
2.3 CHAVETAS .....	17
2.4 MÁQUINAS PARA ABERTURA DE RASGO DE CHAVETA .....	18
2.4.1 <i>FREZADORA</i> .....	18
2.4.2 <i>RASGO DE CHAVETA EXTERNO</i> .....	19
2.4.3 <i>RASGO DE CHAVETA INTERNO</i> .....	20
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
3.1 METODOLOGIAS DA PESQUISA .....	22
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A operação de abertura de rasgos de chaveta tem sido uma demanda recorrente em peças componentes de vários processos de fabricação no setor industrial. Existem segmentos da indústria em que, devido ao elevado custo de aquisição de uma máquina ou dispositivo dedicado, utilizam-se somente do processo manual em fresadora ferramenteira, o processo se dá através de movimentos de giro da alavanca de subida e descida da fresadora, fazendo com que o eixo arvore da máquina faça movimentos retilíneos, possibilitando assim a abertura de rasgo de chaveta interno, o que acaba fazendo desta operação algo extremamente dependente da habilidade do operador e de improvisações. Devido ao considerável tempo e esforço humano dispendidos para a usinagem de rasgos de chaveta, e considerando-se também o elevado preço das máquinas e das adaptações disponíveis no mercado, chegamos a conclusão que deveríamos resolver o problema.

Como também compartilhávamos da mesma dificuldade, optamos por desenvolver internamente uma máquina para abrir rasgo de chaveta que pudesse ser adaptada em fresadoras ferramenteiras.

Depois de muito estudo e tempo empregado no desenvolvimento e no processo, finalmente desenvolvemos nossa máquina, e com sua entrada em operação, conseguimos conquistar resultados bastante relevantes em termos de redução do *lead time* de operação, facilidade de operação e custo, fatores extremamente importantes para a empresa prestadora de serviços de usinagem, onde se deu tal desenvolvimento.

## **1.1 OBJETIVOS**

Este trabalho teve por finalidade desenvolver um equipamento para melhoria de produtividade, substituindo o sistema manual por um automatizado em uma empresa de usinagem. A motivação para o projeto surgiu do fato de que todo o trabalho para abertura de chaveta em máquina fresadora ferramenta é manual, sendo assim um processo lento e extremamente cansativo.

## **1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, o objetivo, e a organização do trabalho;

No segundo capítulo tem-se a Revisão de Literatura sobre a História da usinagem, os elementos de máquinas que são utilizados para transmissão de potência através da utilização de chaveta e como são usinados os rasgos de chaveta.

No terceiro capítulo vem a metodologia, nele é citado como foi realizado o desenvolvimento do projeto e quais materiais foram usados.

No quarto capítulo, fala sobre os resultados alcançados, como a redução do tempo de usinagem, como também a redução da carga de trabalho empregada.

No quinto capítulo, trata da conclusão ao qual se chegou com a aplicação do equipamento no processo de abertura de rasgo de chaveta.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A HISTORIA DA USINAGEM

Por volta de 1500 a.C. o ferro era descoberto na Ásia menor porem por ter um processo de manipulação de difícil aprendizado sua propagação acabou sendo lenta (SOUZA 2017).

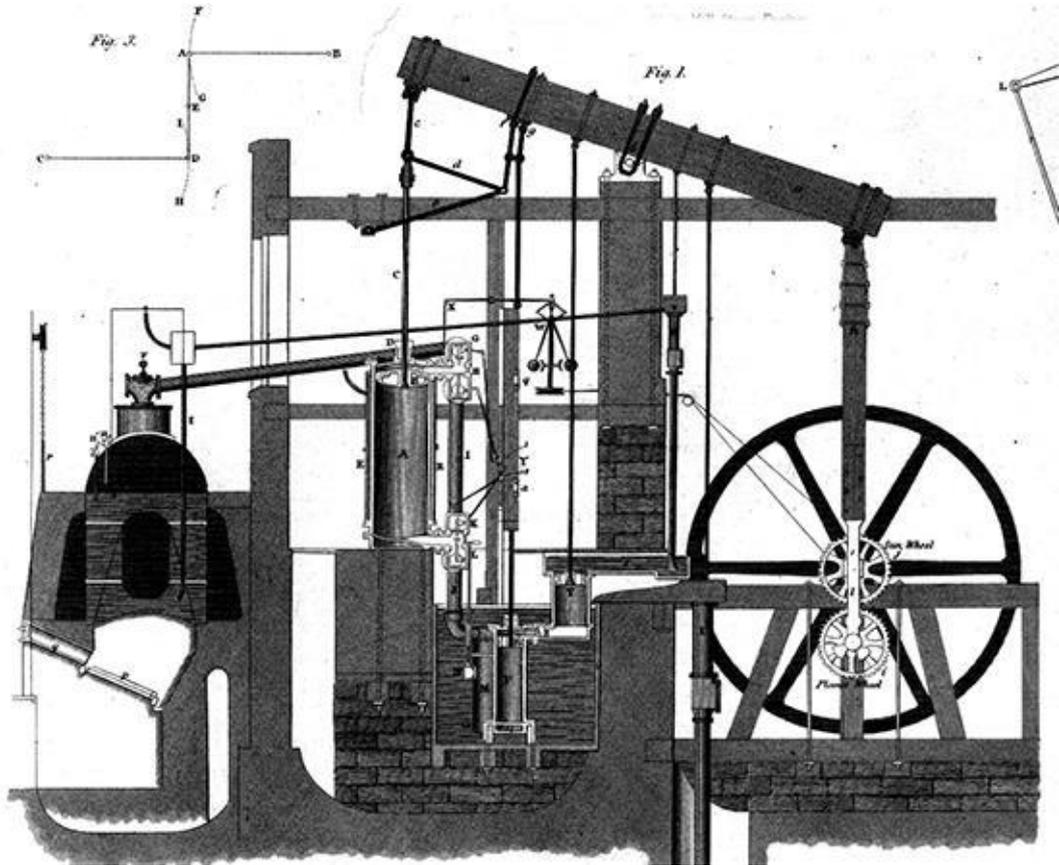
Em meados de 700 a.C. com o domínio da manipulação praticamente todas as ferramenta já eram feitas de ferro. Mas a partir do século XVII é que se descobriram novas maneiras de melhorar o processo de fabricação do ferro, o que o colocou em vantagem em relação aos materiais conhecidos até então.

Os estudos para desenvolver tecnologia para o processo de usinagem se iniciaram no inicio do século XIX, onde se deu a descoberta de novos materiais de corte. Já no ano de 1900 foi dado um enorme passo no desenvolvimento tecnológico da usinagem, com a descoberta do aço rápido pelo americano F. W. Taylor (NEHRING 2017).

Em meados do século XVIII o escocês James Watt inventou a maquinas a vapor, facilitando assim o trabalho do homem fazendo com que todo o processo que antes era praticamente braçal, passa-se a ser realizado com o mínimo esforço necessário e sendo essencial para a revolução industrial.

O inglês Henry Moudslay adaptou a maquina de Watt a um torno criando o primeiro torno a vapor, o que fez diminuir a quantidade de mão de obra, pois podia ser operado por apenas uma pessoa, como também diminuiu o custo da mão de obra, pois a mesma podia ser menos especializada, ele também criou o mecanismo que permitia que a ferramenta ficasse fixa, aumentando sua precisão. (CIMM, 2017).

**Figura 1 - Esquema da máquina a vapor de Watts**



**Fonte:** O mundo da usinagem

Disponível em: < <http://www.omundodausinagem.com.br/a-revolucao-das-maquinas/> > Acesso em: 27 de setembro de 2017

## 2.2 ELEMENTOS DE MAQUINAS ENGRENAGENS E POLIAS

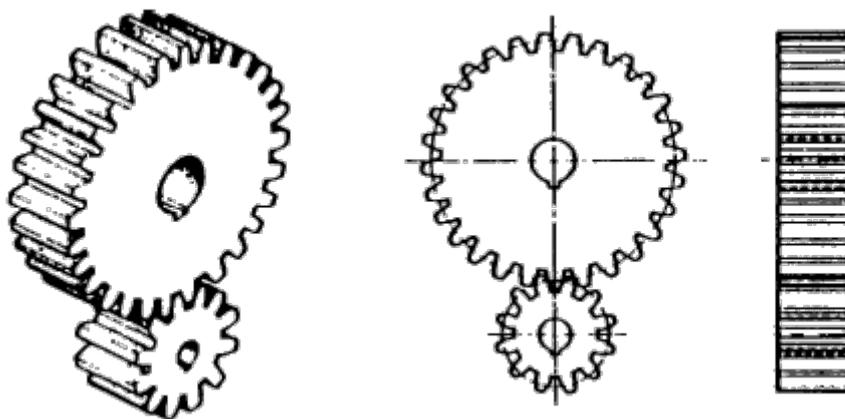
### 2.2.1 ENGRENAGENS

Feita em material rígido, as engrenagens consistem de um cilindro com dentes em seu perímetro, que ao ser colocado em contato com outra engrenagem (casando-se os dentes) tem por função fazer a transmissão do movimento de giro (UNICAMP, Elementos de maquinas, 2002).

Também conhecida como roda dentada, as engrenagens são os elementos básicos da transmissão de potência entre arvores, permitindo o aumento ou redução da velocidade sem a perda de energia (pois não desliza), e o aumento ou redução do momento tursor, com a mínima perda de energia.

Essa mudança se dá pela razão entre os diâmetros primitivos, ao se aumentar a rotação o momento tursor diminui, e vice e versa, devido a isso, num conjunto de engrenagem, a maior tem menor velocidade e maior momento tursor, já a menor terá sempre a maior velocidade, e o menor momento tursor. (SENAI. Noções Básicas de Elementos de Maquinas 1996)

**Figura 2–** Transmissão por engrenagem cilíndrica de dentes retos



**Fonte:** UFMT. Desenho de maquinas. 2010

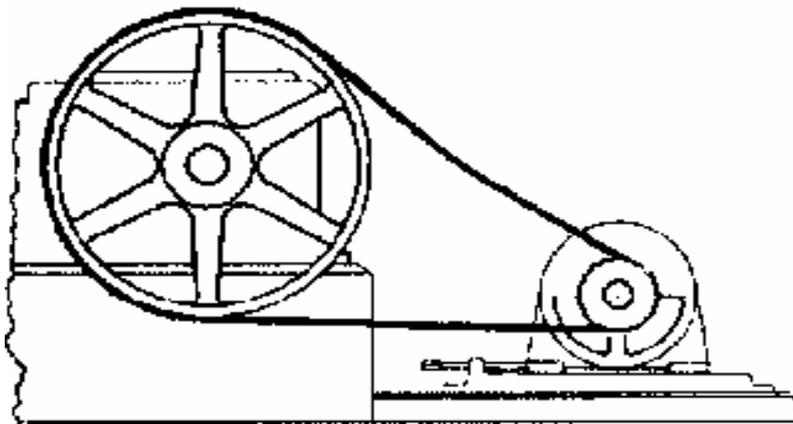
### 2.2.2 POLIAS

Na transmissão de potencia entre eixos, um dos elementos mais antigos e mais usados são as polias, pois possui baixo custo inicial, elevada resistêcia, alto coeficiente de atrito e funcionamento silencioso, além de ser indicado para grandes distancia entre centros. (SENAI. Noções Básicas de Elementos de Maquinas. 1996)

As polias são peças cilíndricas e movimentadas através de correias, que por sua vez podem ter diferentes modelos.

Na transmissão entre polias, a que tramite o movimento e força chama-se polia motora ou condutora, já a polia que recebe o movimento chama-se polia movida ou conduzida, e é a maneira como a correia é colocada que define o sentido de rotação da polia. (TELECURSO 2000. Elementos de Maquinas II)

**Figura 3 – Transmissão por polias e correia**



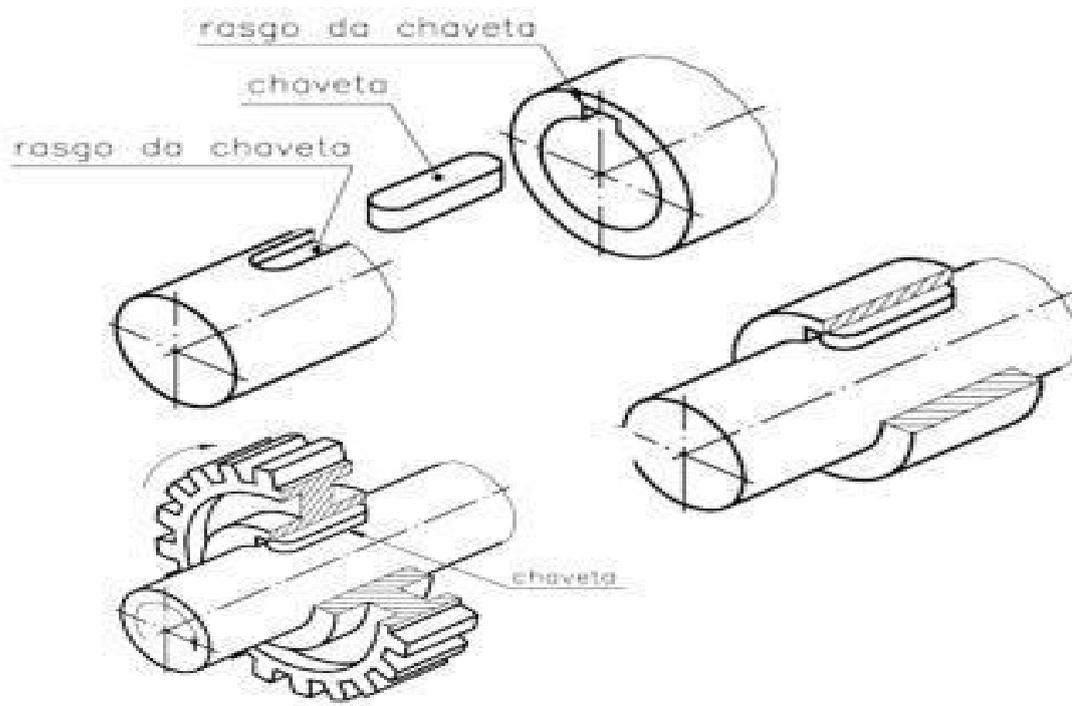
**Fonte:** TELECURSO 2000. Elementos de Maquinas

### 2.3 CHAVETAS

As chavetas são elementos de máquinas que são utilizados para unir elementos mecânicos, permitindo a transmissão de movimento a outros componentes, e é considerado um elemento de transmissão móvel, pois pode ser desmontado do conjunto sem se danificar (FRANCESCHI, Alessandro, 2014).

As chavetas são responsáveis por transmitir momento de torção de um eixo para uma polia; uma engrenagem; um acoplamento; para uma luva fixa ou deslizante ou qualquer componente de um equipamento, e vice e versa. (WALDRI, Oliveira. 2015).

**Figura 4 – Utilização da chaveta para união de elementos de máquinas**



**Fonte:** TELECURSO 2000. Elementos de Máquinas

## 2.4 MÁQUINAS PARA ABERTURA DE RASGO DE CHAVETA

### 2.4.1 FRESADORA

Existem dois tipos populares de fresadoras verticais, a ferramenteira (conforme figura 5), e a universal: a ferramenteira, é configurada de forma que o fuso pode mover-se em paralelo ao seu próprio eixo, enquanto a mesa pode mover-se de forma coordenada perpendicular ao eixo do fuso. Por outro lado, na montagem da ferramenta, a mesma permanece parada, executando apenas movimento de giro durante as operações de corte enquanto a mesa pode mover-se tanto nas direções perpendiculares como verticais, conforme figura 6.

**Figura 5 – Fresadora ferramenteira**



**Fonte:** Mecalux Logismarket

Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/simco/fresadora-ferramenteira-1/1966692013-1233245779-p.html>> Acesso em: 27 de setembro de 2017

## 2.4.2 RASGO DE CHAVETA EXTERNO

O fresamento ou fresagem é o processo mais comumente usado para abertura de rasgo de chaveta externo: o processo consiste na retirada de material da peça a ser aberto o rasgo, com o uso de ferramentas chamadas fresas. E tem por finalidade dar forma e acabamento ao rasgo ou à superfície, conforme figura 6.

Este processo é dado pela combinação do movimento de giro da ferramenta (fresa), com o movimento da mesa onde esta fixada a peça (TELECURSO 2000. Processo de Fabricação III).

**Figura 6** – Abertura de rasgo de chaveta externo em fresadora



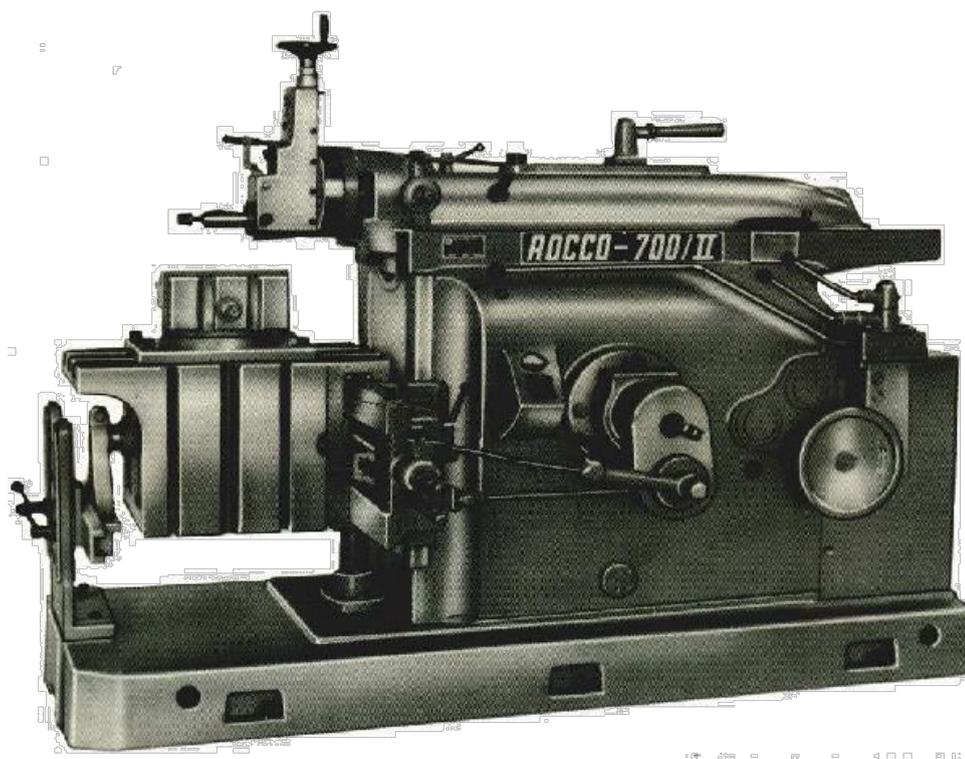
**Fonte:** Harulaangel. Fresa chaveta peq. 2009. (0m e 27s).

Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=Gf\\_oJNVtygc](https://www.youtube.com/watch?v=Gf_oJNVtygc)> Acesso em 27 de setembro de 2017

### 2.4.3 RASGO DE CHAVETA INTERNO

Para abertura de rasgo de chaveta interno, a literatura ensina a usar plaina (limadora ou de mesa) conforme figura 7.

**Figura 7 – Plaina**



**Fonte:** Mercado Usinagem

Disponível em: <<http://www.mercadousinagem.com.br/ferramenteiro-esta-maravilhosa-profissao-esta-em-extincao/>> Acesso em 10 de Dezembro de 2017

O processo de aplainamento é realizado por uma ferramenta monocortante que entra em contato com a superfície a ser usinada com movimentos lineares e alternados, esse movimento pode ser realizado pela ferramenta ou pela própria peça, dependendo do tipo de plaina usada (SENAI. Usinagem e Tecnologia do Corte. Modulo 1. 1998 ).

Montada sobre um torpedão, sua principal função é remover irregularidades da superfície plana. Na plaina limadora a peça tem apenas pequenos avanços transversais. Esse deslocamento é chamado de passo do avanço. O curso máximo da plaina limadora, em geral, fica em torno de 900mm. Por esse motivo, ela só pode ser usada para usinar peças de tamanho médio ou pequeno, como uma régua de ajuste. Quanto às operações, a plaina limadora pode realizar estrias, rasgos, conforme figura 8, rebaixas, chanfros, faceamento de topo em peças de grande comprimento. Isso é possível porque o conjunto no qual está o porta-ferramenta pode girar e ser travado em qualquer ângulo. Como a ferramenta exerce uma forte pressão sobre a peça, esta deve estar bem presa à mesa da máquina. Quando a peça é pequena, ela é presa por meio de uma morsa e com o auxílio de cunhas e calços. As peças maiores são presas diretamente sobre a mesa por meio de grampos, cantoneiras e calços.

**Figura 8** – Abertura de rasgo de chaveta interno em plaina



**Fonte:** Thur Nogimi. Plaina Limadora. 2012. (0m e 37s)

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=x59H83ut3ul>> Acesso em: 10 de dezembro de 2017

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 METODOLOGIAS DA PESQUISA**

A forma como uma pesquisa é desdobrada (explanada) é o que define sua maior (ou menor) capacidade de estudar os fatos e argumentos que giram em torno dela (KAHLMAYER-MERTENS et al., 2007). Para Reis (2010), a pesquisa é a forma organizada pela qual o pesquisador busca respostas para os problemas propostos.

O estudo de caso é uma pesquisa de investigação empírica, onde o pesquisador não controla os eventos e variáveis ao seu redor (MARTINS, 2007). Para Thomas, Nelson e Silverman (2012), o estudo de caso é uma forma de pesquisa descritiva, em que o pesquisador analisa um único caso em profundidade para alcançar maior compreensão sobre casos parecidos.

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso utiliza vários métodos: documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação dos participantes envolvidos e artefatos físicos. Neste estudo foram utilizados diferentes processos e componentes na área de metal mecânica, instrumentos para medição e ajuste do equipamento, além da colaboração de diferentes profissionais, para execução do projeto.

A utilização de documentos em um trabalho científico é de grande e importante relevância ao passo que possibilita a comprovação concreta daquilo que está sendo argumentado, enriquecendo o conteúdo abordado (YIN, 2001).

Quanto ao objetivo da pesquisa, este trabalho buscou os principais conceitos deste projeto por meio de pesquisa exploratória, efetuada em diversas fontes como literatura especializada, artigos, dissertações e avaliação de máquinas e dispositivos similares existentes no mercado.

### 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho baseia-se no desenvolvimento do projeto de uma máquina para abertura automatizada de rasgos de chavetas, denominada Chaveteira Automática conforme figura 9.

Os conceitos do desenvolvimento abrangeram desde a configuração da tecnologia de corte, a estrutura de suporte e sustentação, o sistema de atuação e alimentação automática, até a facilidade de operação.

A máquina foi construída, quase que totalmente com utilização de sobra de materiais que foram encontrados na oficina, pois a idéia era fazer uma máquina que resolvesse o problema com o menor custo possível

O sistema de transmissão mecânica foi o que gerou mais dificuldade para ser concebido, pois deveria-se transformar movimento circular em movimento linear, essa transformação normalmente é feita através de bielas, porém não era possível o emprego das mesmas neste projeto, devido ao fato de ter que trabalhar com um espaço para instalação do mecanismo bem curto, pois a máquina usa a mesa coordenada da fresa, para fazer o posicionamento da peça no local a ser usinado, porém, depois de vários testes chegou-se à mecânica ideal para o projeto, que não pode ser explicada neste trabalho devido a preservação do sigilo do projeto.

Um fator que também foi determinante para o sucesso da máquina foi o fato de posicionarmos o motor sobre a estrutura da máquina, ocupando uma posição mais centralizada na mesma; com isso a máquina ficou balanceada e com menos obstáculos em sua lateral e na parte inferior.

Como sabíamos o valor da RPM de saída do motor e a RPM que queríamos no mecanismo, foi necessário aplicar uma redução de velocidade na máquina, para que o dispositivo de controle de velocidade (inversor de frequência) trabalhasse em sua faixa normal: para essa redução foi escolhido o sistema de polias, pois além de poder contemplar maior distância entre eixos também é bem silencioso. Para descobrir quais diâmetros de polias usar pegamos a menor polia possível para o eixo do motor, conforme determinação do fabricante, e de posse de seu diâmetro aplicamos a seguinte equação:

$$n1/n2 = D1/D2 \Rightarrow D2 = (n1 \cdot D1) / n2$$

Onde:

n1= RPM do motor

n2= RPM desejada no mecanismo

D1= diâmetro da polia motora (polia do motor)

D2= diâmetro da polia movida (polia do mecanismo)

Já a configuração do sistema de alimentação e automação da máquina foi executada após a determinação da configuração do equipamento.

A parte de automação se deu através da instalação de um inversor de frequência CFW 10, que teve como função controlar a velocidade de um motor de indução trifásico. Os seis diodos retificadores situados no circuito de entrada do inversor, retificam a tensão trifásica da rede de entrada (L1, L2 e L3). A tensão DC resultante é filtrada pelo capacitor, e utilizada como entrada para a Seção Inversora. Na seção inversora, a tensão retificada DC é novamente convertida em Trifásica AC. Os transistores chaveiam várias vezes por ciclo, gerando um trem de pulsos com largura variável senoidalmente. Esta saída de tensão pulsada, sendo aplicada em um motor (carga indutiva), irá gerar uma forma de onda de corrente bem próxima da senoidal através do enrolamento do motor.

Uma característica determinante do desenvolvimento foi a adequação da máquina exclusivamente para ser empregada em fresadoras ferramenteiras conforme figura 5, não permitindo sua utilização em fresadoras universais, dada a extensão e o custo de modificações que seriam necessárias para se adaptar o conceito original.

Outro fator que também teve que ser desenvolvido após a fabricação da máquina, foi a criação das ferramentas para a abertura do rasgo de chaveta, pois como a máquina trabalha com diferentes tamanhos de peças, foi necessária a fabricação de ferramentas com diferentes tamanhos e formatos.

Para a construção da máquina foram utilizados os seguintes materiais:

- Chapa de aço A36
- Tarugo de aço 1045
- Viga “u” dobrada de 2”
- Viga “u” laminada de 8”
- 2 mancais FRM P205
- 1 rolamento SKF 6202 2Z
- 1 motor WEG 1CV
- 1 polia Ø 50 em aço
- 1 polia com Ø 300 em alumínio
- 1 inversor de frequência CFW 10

Tendo sido empregados os seguintes processos de fabricação:

- Torneamento
- Fresamento
- Soldagem
- Montagem
- Ligação elétrica
- Parametrização

Na figura 9 a seguir é possível ver a máquina em sua posição de trabalho, em imagem frontal onde fica visível o sistema de transformação do movimento circular em movimento linear além de ver todo o comprimento do torpedo e seus mancais guias e em imagem lateral onde se vê o eixo de comando da máquina que faz a transmissão do movimento da polia para o sistema de transmissão de movimento do torpedo; na imagem central é possível ver o inversor de frequência que é responsável por determinar a velocidade de trabalho da máquina além de ser responsável pela rampa de aceleração e desaceleração da mesma.

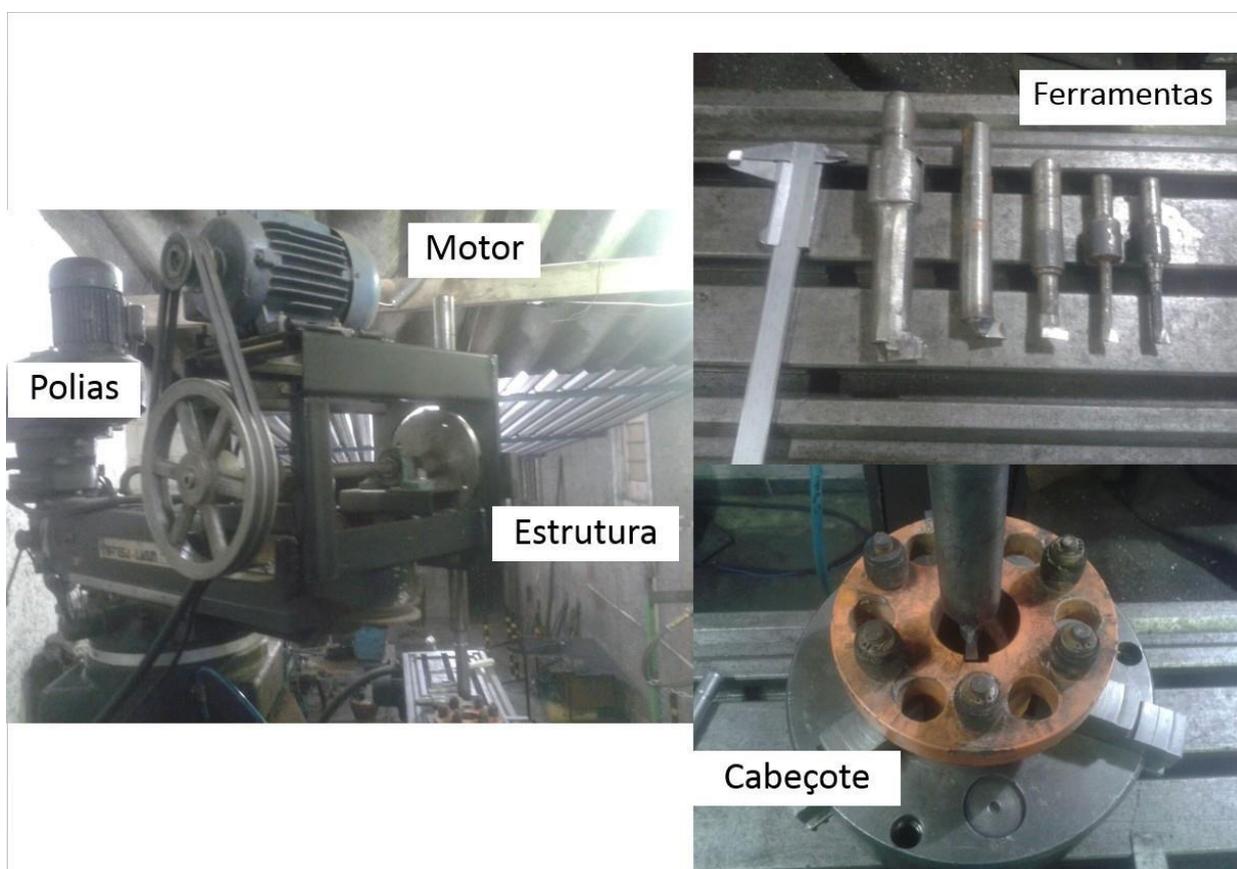
**Figura 9 – Chaveteira Automática**



**Fonte:** Elaborada pelo Autor

Na próxima figura é possível ver o detalhamento das partes da máquina e suas ferramentas: na primeira imagem pode-se ver o posicionamento das polias, do motor e da estrutura, já na segunda imagem pode-se ver as ferramentas que foram desenvolvidas especialmente para esta máquina, e na terceira imagem pode-se ver a máquina em posição de trabalho.

**Figura 10 – Detalhamento dos Componentes**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os resultados obtidos, ainda com a máquina em estágio de pré-série, com partes expostas do mecanismo de acionamento e, conseqüentemente, ainda sem as carenagens de acabamento e proteção (como preconizado pela NR-12 Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos), tem-se que foi obtida uma redução do tempo de usinagem do rasgo de chaveta em cerca de 83%.

O tempo médio de usinagem de abertura de um rasgo de chaveta passou de aproximadamente 60 minutos para 10 minutos, multiplicando-se por seis vezes a capacidade de produção.

De igual importância foi a redução da carga de trabalho imposta ao operador, cuja quantidade de movimentos necessários para a execução do serviço, bem como o nível de atenção requerido pela supervisão constante para intervir em caso de falhas, foram proporcionalmente reduzidos.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento interno da chaveira automática, só foi possível após ser percebida uma dificuldade no processo produtivo da empresa e, através desta dificuldade surgiu a vontade de solucionar o problema, então com muito esforço e dedicação, conseguiu-se criar uma máquina leve, rápida, com custo acessível, e depois de vários testes, marcação de tempo e cálculos, foi percebido que além de ser uma máquina com as características já descritas, ela também tinha a capacidade para absorver um grande volume de trabalho, pois reduziu o tempo em 1/6, imprimindo um grande impulso na capacidade de captação de novos negócios, pois dada a economia de tempo e de mão-de-obra obtida, abriram-se mais oportunidades de prestação de serviços, permitindo-se tanto a entrada de novos contratos quanto a expansão do volume de serviço prestado para os clientes já existentes.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em:  
<http://www.abnt.org.br> - Acesso em: 25 de julho de 2017
- AVOLIO, Edwin.; "Sistemas de Controle de Movimento". Disponível em:  
<http://www.feb.unesp.br/~avolio> Acessado em 05 de julho de 2017
- BACK, N.; "Metodologia de Projeto de Produtos Industriais". Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983
- BAXTER, M.; "Projeto de Produto - Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos". São Paulo: Edgar Blucher, 2002
- BRALLA, J. et al.; "Handbook of Product Design for Manufacturing". São Paulo: McGraw-Hill, 1996
- CIMM. Centro de Informação Metal Mecânica. Disponível em:  
<[http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/7118-torno-a-mais-antiga-das-maquinas-ferramenta](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/7118-torno-a-mais-antiga-das-maquinas-ferramenta)> Acessado em: 22 de setembro de 2017.
- FRANCESCHI, Alessandro, 2014. Disponível em:  
<[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos\\_mecanica/primeira\\_etapa/elementos\\_maquina.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_mecanica/primeira_etapa/elementos_maquina.pdf)> Acessado em: 22 de setembro de 2017.
- MECANICAINDUSTRIAL Disponível em:  
<<https://www.mecanicaindustrial.com.br/o-que-e-fresadora/>> acessado em 24 de setembro de 2017
- NEHRING, José Eduardo. em seu trabalho intitulado Usinagem Completa Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPKwAF/usinagem-completa>> Acesso em: 24 de setembro de 2017
- SOUSA, Rainer Gonçalves. "Idade dos Metais"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/historiag/idade-metais.htm>>. Acesso em: 24 de setembro de 2017.
- SENAI. Noções Básicas de Elementos de Maquinas 1996 Disponível em:  
<http://www.abraman.org.br/arquivos/72/72.pdf> Acessado em 27 de setembro de 2017.
- SENAI. Usinagem e Tecnologia do Corte. Modulo um. 1998. Disponível em:  
<http://claudemiralves.weebly.com/uploads/3/8/6/2/3862918/apostila-senai-processos-mecc3a2nicos-de-usinagem.pdf> Acessado em 27 de setembro de 2017.

SHIGHLEY, J. E. & MISCHKE, C. R.; "Mechanical Engineering Design". 6th Ed. McGraw Hill, 2001.