

# INOVAÇÃO INCREMENTAL E MAIOR PRODUTIVIDADE NA ABERTURA DE RASGOS INTERNOS PARA CHAVETAS COM UM DISPOSITIVO ADAPTADO PARA USINAR EM FRESADORAS

P. C. J. Oliveira Jr<sup>1,\*</sup>; R.A. Moura<sup>2</sup>

1 Universidade de Taubaté – UNITAU.  
Rua Daniel Danelli, s/n – Vila Nossa Senhora das Graças, Taubaté/SP,  
CEP: 12060-440, Brasil.  
Telefone: (12) 3622-4005

2. Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Professor Jessen Vidal  
Av. Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1350 - Eugênio de Melo,  
São José dos Campos/SP, CEP.: 12247-014, Brasil.  
Telefone: (12) 3905-2423

[\\*pauloenguse@gmail.com](mailto:*pauloenguse@gmail.com)

**RESUMO:** O processo de abertura de rasgo de chaveta, normalmente é realizado de maneira manual, e geralmente em fresadoras ferramenteiras ou plainas. O presente trabalho objetiva desenvolver uma máquina para abertura de rasgo de chaveta interna nos mais diferentes tipos de engrenagens, polias e acoplamentos. O método adotado foi através de vasta literatura e análise de todo o processo. O resultado alcançado foi a redução do *lead time* devido à dificuldade para realização de tal processo em uma empresa. Conclui-se que a máquina, através do seu *mockup* testado seguido de uma validação no mínimo por 15 horas ininterruptas, mostrou-se como uma máquina de vanguarda e altamente competitiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** rasgo de chaveta; tempo de execução; protótipo.

**ABSTRACT:** The process of opening keyway, is typically performed manually, and usually in milling machines, jig or planers. The present work aims developing machine for internal keyway in the most different types of gears, pulleys and couplings. The method adopted was through extensive literature and analysis of the whole process. The result was a reduction in the lead time and difficulty to carry out this process in a company. It is concluded that the machine, through your *mockup* tested followed by a validation at least 15 uninterrupted hours, showed up as a State-of-the-art and highly competitive machine.

**KEYWORDS:** keyway; lead time; prototype.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo para criação de rasgos internos de chavetas em material metálico e não metálico, tem sido uma demanda rotineira em peças e componentes durante a sua confecção no setor metalmeccânico, devido ser confeccionado em máquina desenvolvida para tal que não atende a agilidade de manutenção ou montagem devido ao tempo de confecção, com a necessidade de melhorar o processo de abertura de rasgos (ROZENFELD, 2013).

Nesse sentido, quando se é necessário elementos de máquinas em material metálico com geometria e forma de retângulo ou semicírculo, que se aloja em um rasgo, fornecendo uma ligação entre eixos e peças, a chaveta, além do tempo demandado para a manutenção corretiva, ainda há um tempo de espera para a confecção, pois geometria, dimensões e material a ser utilizado, deve ser peculiar e acompanhar a estrutura e arquitetura do conjunto de transmissão adequadamente.

Portanto, a chaveta além de seu importante papel de ligação dos elementos de máquinas, funciona também como um fusível, ou seja, em caso de sobre carga ou potência de trabalho errado ou equivocado, ela se romperá protegendo todo o sistema.

Após pesquisa e dedicação a leituras bibliográficas alusivas ao tema, constatou-se a necessidade de se aperfeiçoar o meio produtivo (MONDEN, 2015).

Assim, desenvolvido um dispositivo acoplado a fresadora, com entrada e operação, conseguiu-se uma inovação incremental e aumento de produtividade adotando um dispositivo que abre rasgos para chaveta interna flexibilizando assim abertura de rasgos internos em fresadoras.

Segundo Monden (2015), reduzir o tempo de confecção (*lead time*) é relevante em termos de aumento da produtividade no sentido de reparar a máquina ou conjunto transmissão, no menor tempo possível, significando expressiva redução com os custos, pois máquinas e equipamentos ficarão indisponíveis para a produção em um menor tempo, fator este extremamente importante para a empresa prestadora de serviços de usinagem, onde se deu tal desenvolvimento.

A quarta revolução industrial ou indústria 4.0, como alguns autores a chamam, é o termo usado em muitos trabalhos recentes para referirem-se as principais inovações tecnológicas na automação industrial, controle de processos e campos de tecnologia de informação, aplicada em um sistema integrado forma de processos de fabricação e permitir que muitos desses projetos de máquinas, sejam ferramentas utilizadas para ajuda os projetistas ao preverem as novas fábricas inteligentes e tomada de decisão que são compostos por tecnologias integradas e discutidas nas principais demandas para os sistemas de produção discreta impulsionado aumento do nível de qualidade dos produtos e tornar o grau de confiabilidade de máquinas e equipamentos mais fácil de gerenciar no sistema de produção (RODIC, 2017).

Desta forma, a inovação incremental com a criação de um mecanismo que pode ser acoplado à fresadoras, flexibiliza o acoplamento entre dispositivo e máquina ferramenta fresadora em um ambiente de produção seriada e discreta, propondo um mecanismo para a confecção de chavetas metálicas com um elemento de máquina na forma e geometria particular para cada uma das máquinas e equipamentos, confeccionando rasgos internos para um perfeito alojamento da chaveta e funcionamento de todo conjunto motriz.

Um objetivo incessante de toda planta industrial é a busca constante para melhorar o seu desempenho produtivo, a ser testado quando se há necessidade de manutenção ou rearranjo de seus leiautes produtivos que acabam exigindo novos sistemas e inovações (TEIXEIRA, 2018).

Portanto, além de possibilitar a flexibilidade de confecção de rasgos em fresadoras, também se pode verificar a adoção de uma inovação incremental em funcionamento e uma nova forma de produzir rasgos internos, permitindo aumentar a produtividade pela redução tempo de confecção tanto nas operações como em um menor tempo de reparo de máquinas e equipamentos.

O processo de abertura em plaina gera custos elevados devido ao tipo da máquina ferramenta, não permitindo adequações pela falta de flexibilidade.

Geralmente os processos de fabricação em plainas, têm baixa produtividade e tais serviços são terceirizados, pelo fato de ser a criação de rasgos para chavetas, um trabalho não rotineiro, contudo há problemas quando a quebra de máquinas e equipamentos ocorrem em datas que a empresa terceirizada contratada, está com outras prioridades produtivas ou cumprindo feriados ou folgas de finais de semana.

Na Figura 1, é demonstrado a criação de rasgos para chavetas na indústria, em máquina ferramenta tipo plaina, com recursos limitados e baixa produtividade.



**Figura 1.** Processo realizado em plaina.

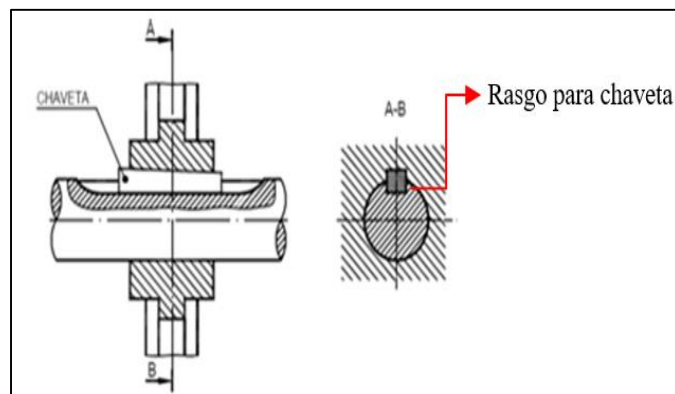
## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Groover (2014), processo de fabricação por usinagem consiste em cortar, dar forma com tolerâncias dimensionais e geométricas, além de dar uma qualidade superficial em conformidade com o requerido pelo projeto ou atividade. Confeccionar rasgos no processo de usinagem requer uma excelente tecnologia de corte e sustentação.

No conjunto transmissor mecânico gera-se a transformação do movimento circular em movimento linear, normalmente pela ação de bielas e para fazer o posicionamento da peça no local a ser usinado deve-se haver uma excelente fixação e alinhamento entre peça, ferramenta e máquina (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2013).

### 2.1. Chaveta e suas formas

Chavetas são elementos de máquinas mais usados para fixar peças como rebite, pino, cavilha, contra pino ou cupilha, parafuso, porcas, arruela e anéis elásticos. Chavetas. É um elemento mecânico construído em material metálico com geometria na forma de retângulo ou semicírculo, que se aloja em um rasgo, fornecendo uma ligação entre eixo e peça. Quanto as formas, uma chaveta pode ser em cunha, paralela ou disco para um melhor alojamento no rasgo do elemento externo (MELCONIAN, 2012), conforme Figura 2.



**Figura 2.** Rasgo para alojamento de chaveta.

## 2.2. Valor da RPM

Rotações por minuto (RPM), tem uso generalizado na caracterização de vários tipos de motores, referindo-se, no caso da velocidade de rotação de máquinas-ferramenta. De modo geral, para máquinas rotativas de qualquer natureza, seja elétrica, hidráulica, mecânica, térmica entre outras, que são geradoras ou motoras o RPM se refere à velocidade angular do eixo principal da máquina, ou seja, entrada se for geradora e de saída se motora (DINIZ, *et. al.*, 2013).

Segundo Norton (2016), um fator determinante para o sucesso de uma máquina é o posicionamento do motor de forma estratégica na máquina, ocupando uma posição mais centralizada. Assim a máquina fica balanceada e com menos obstáculos em sua lateral e na parte inferior, pois na saída do motor deve ser adaptado um sistema de redução de velocidade para controlar a velocidade, através de um inversor de frequência trabalhando em sua faixa normal e RPM adequado. Para redução um conjunto de polias e sua distância entre eixos, garante a silenciosidade de todo o processo e operação.

Para descobrir qual diâmetro de polia usar, pega-se a menor polia possível para o eixo do motor, seguindo a determinação do fabricante e se necessário calcular, usa-se a Equação 1 para calcular todo o sistema de transmissão (SHIGLEY, MISCHKE e BUDYNAS, 2016).

$$\frac{n1}{n2} = \frac{D1}{D2} \Rightarrow D2 = \frac{n1.D1}{n2} \quad (1)$$

Onde:

- $n1$  = RPM do motor;
- $n2$  = RPM desejada no mecanismo;
- $D1$  = diâmetro da polia motora;
- $D2$  = diâmetro da polia movida.

A configuração do conjunto alimentador e automação da máquinas-ferramentas devem ser executados após a determinação da configuração do equipamento, pois parte da automação se dá através da instalação de um inversor de frequência que atua controlando a velocidade de um motor de indução trifásico (GATES, 2011).

## 2.3. Desenvolvimento do croqui funcional

Um croqui ou esboço funcional, se caracteriza como um desenho sem grande precisão e/ou refinamento. É feito de forma rápida, apenas registrando a ideia instantânea, através de uma técnica de desenho rústico e descompromissado com dimensões, interferências ou o tipo do material estrutural (NORTON, 2016), conforme Figura 3.

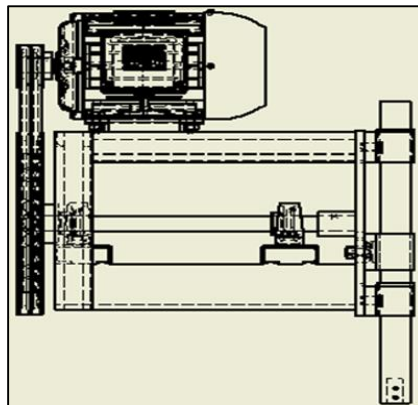


Figura 3. Croqui da máquina.



## 2.4. Cálculo de forças resultantes

Após a confecção e verificação do croqui é possível atribuir forças para determinar o pleno funcionamento e o elemento de máquina correto bem como o material a ser utilizado no sentido de garantir o sucesso do projeto e o maior ponto de tensão durante a construção e operação da máquina ou equipamento conforme ilustra a Figura 4 (NIEMAM, 2016).

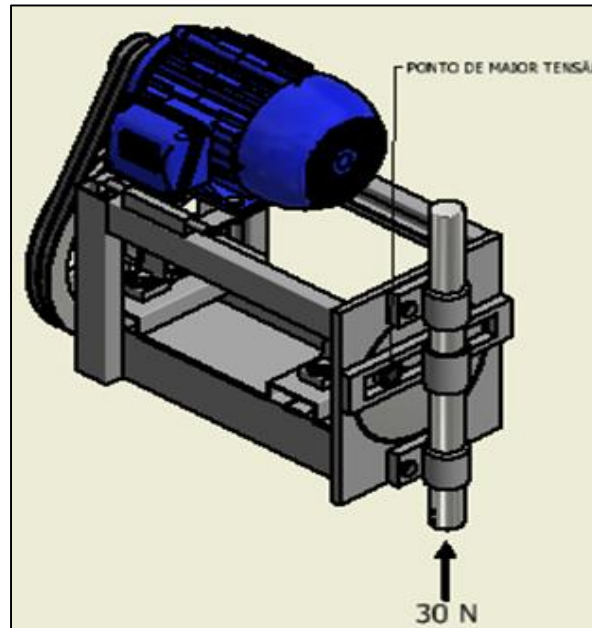


Figura 4. Detalhe do dispositivo.

## 2.5. Normas de segurança e qualidade para este projeto

As Normas Regulamentadoras (NRs) têm um papel fundamental de orientar, zelar e obrigar que sejam atendidas as condições de segurança e preservação da saúde dos trabalhadores. Nesse viés, durante a criação e elaboração deste projeto foram observadas as regras de segurança, acessibilidade e operacionabilidade conforme definidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro (BRASIL, 2019).

Já a instalação e montagem dos elementos de máquinas, controle, distribuição, manutenção e operação elétrica, foram embasados pelo que dita às normas específicas de saúde e segurança na Norma Regulamentadora de números NR-10 e NR-12, conforme Portaria federal do Ministério do Trabalho e emprego nº 3.214/ 1978 (IIDA e BUARQUE, 2016; IMSB, 2017).

A NR-10 obriga e estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, visando segurança e a saúde dos trabalhadores que de forma direta ou indireta, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade nos equipamentos desse projeto (BRASIL, 2019).

A NR-12 dita às regras e obrigatoriedade para um projeto estabelecendo os requisitos, premissas e indicadores protetivos para prevenir acidentes, doença profissional e ambiente anti-ergonomicos (MOURA, JESUS e SOUZA, 2019) nas etapas criação, operação, confecção, construção, comércio, negociação nos eventos econômicos (BRASIL, 2019).

## 2.6. Normas ABNT e INMETRO

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM (2012), a origem da palavra metrologia é grega, onde “metron” significa medida e “logos” significa ciência. Portanto metrologia significa o conhecimento científico e técnico sobre o referencial teórico e prático no dimensionamento e controle perimetral.

No Brasil as normas são aprovadas e editadas pela ABNT e é a representante oficial no país das seguintes entidades internacionais como a *International Electrotechnical Commission* e das entidades de normalização regional da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas e ainda da Associação Mercosul de Normalização (VIM, 2012).

Segundo Campos (2014), no que diz respeito às funções e sua aplicação, a metrologia prevê a verificação dimensional pode ocorrer por instrumento laboratorial e pesquisa científica padronizada internacionalmente para se atingir o máximo nível de acuracidade dimensional. Já a medição nas indústrias tem o teor de controlar o sistema produtivo garantindo a qualidade do produto acabado. E finalmente a controle métrico legal relaciona-se com o controle e mensuração dos recursos usados nas atividades médicas, prevenção e integridade humana e gestão ambiental.

A metrologia objetiva assegurar a confiança nos dispositivos, equipamentos e gabaritos de aferição, garantindo que os valores especificados deem a mínima condição de intercambialidade, sendo montáveis e totalmente encaixáveis independente de sua origem, local de produção ou confecção (VIM, 2012).

Viana (2014) considera que o tempo médio de reparo é obtido pela divisão do somatório do tempo indisponível de operação devido a intervenções da manutenção, incluindo manutenções corretivas e preventivas e o tempo médio entre falhas é uma medida simples de confiabilidade de itens reparáveis e relacionados à vida média de uma máquina, dispositivo ou equipamento (KARDEC e NASCIF, 2013).

Operações que tem por objetivo determinar valores de grandezas podendo ser manual ou automatizada. A prática de medir pode ser definida como a sequência lógica de atividades que são geralmente utilizadas para executar medições. Procedimentalmente, mede-se conjuntos operacionais, com especificidades métricas verificadas operacionalmente conforme definido anteriormente em projeto (BOFF, 2011).

## 2.7. Calibração instrumental de dispositivo aferidores

Atualmente, em virtude da condição da atividade, como “fazer mais com menos” em ritmo acelerado, o dispositivo pode ser inexato apresentar desvio, tendo como consequência incerteza de medição. A solução prevista é contar com calibrações frequentes ou gestão da qualidade (CAMPOS, 2014).

Calibrar é uma atividade que determina em condição pré-especificada os valores materializados ou ainda se um determinado material requerido, detém as medidas dimensionais para encaixe, intercambialidade e montagem final padronizadas (VIM, 2012).

## 2.8. Desenho técnico

O desenho técnico é considerado como a linguagem gráfica universal da Engenharia e Arquitetura. De forma mais geral, o desenho técnico engloba um conjunto de metodologias e procedimentos necessários ao desenvolvimento e comunicação de projetos, conceitos e ideias (FERREIRA, FALEIRO e SOUZA, 2008).

Ferreira, Faleiro e Souza (2008) apontam que para transformar o desenho técnico em uma linguagem padronizada, foi necessária a universalização dos procedimentos de representação gráfica através do uso de normas técnicas.

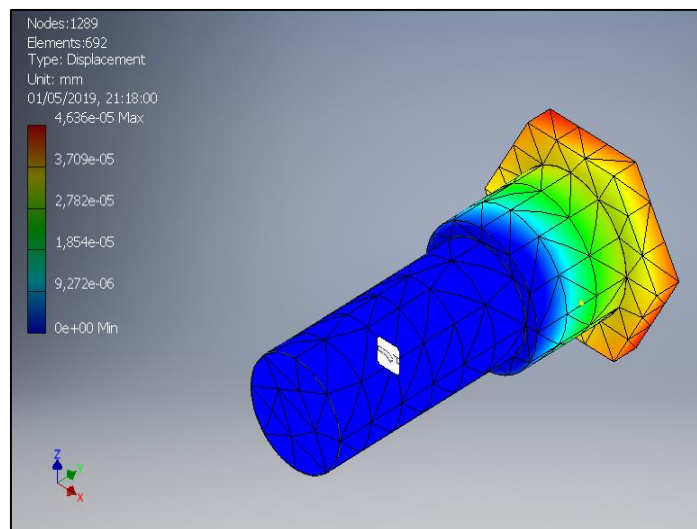
A adoção de uma métrica internacional de unidades, baseado no Sistema Internacional de Grandezas, com os nomes e os símbolos das unidades, inclui prefixos, nomes e símbolos, adotado por países membros que conferem de forma geral seus pesos e medidas, baseados em sete grandezas. Os nomes e os símbolos das unidades são ilustrados na Figura 5 condizentes com o sistema internacional (VIM, 2012).

**Tabela 1.** Sistema Internacional de pesos e medidas

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	Símbolo
Intensidade da corrente elétrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

## 2.9. Projeto assistido por computador

Com auxílio do *software* “Inventor”, foi possível planejar e verificar cada parte e elemento de máquinas do dispositivo. Também foi possível realizar a análise de elementos finitos, permitindo estudar os esforços e as cargas atuantes no dispositivo, como ilustra a Figura 5 ao demonstrar em uma escala de *von-Mises*, as tensões mínimas e máximas admissíveis para o elemento parafuso do conjunto montado. Na escala, os pontos em vermelho são regiões que requerem cuidados ou prática controladas (GUERRERO, LÓPEZ e MEJÍA, 2014).



**Figura 5.** Análise de tensões conforme escala de *Von-Mises* no conjunto.

A escala ou critério de falha de *von Mises* indica quando o escoamento de um material sólido atingirá um valor crítico, baseado na teoria da plasticidade a materiais dúcteis, como por exemplo, metais. O critério de escoamento de *von Mises* pode ser formulado em termos da tensão equivalente e usada para prevenir escoamento do material quando submetido a qualquer condição de carregamento obtidos em testes de tração simples. Por essa razão, na virtualização do projeto, o critério de *von Mises* é usado na análise de deformação plástica de materiais (GUERRERO, LÓPEZ e MEJÍA, 2014).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado contempla a visão de autores consagrados, no sentido de se obter sucesso no empreendimento, pois de acordo com Niemann (2002), verifica-se que a maioria das dificuldades e erros de projetos se inicia por uma exposição falha dos seus objetivos e por uma formulação incompleta dos problemas, ou seja, os rasgos internos das chavetas são confeccionados em plainas demandando um longo tempo para confecção e recursos humanos para evitar perda, erros e defeitos.

Nesse sentido, a metodologia de projetos é essencialmente um exercício de criatividade aplicada que serve para ajudar a organizar e propor uma melhor (NORTON, 2014).

#### 3.2. Pesquisa exploratória

Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória tem por finalidade permitir maior conhecimento sobre o tema abordado, tornando-o mais evidente ou constituindo pressupostos. Também tem como propósito aprimorar ideias ou prognósticos.

Esta pesquisa utilizou da metodologia por consulta aos especialistas que se dispunham de experiências práticas com o problema pesquisado.

Além do conhecimento dos especialistas, foi realizada a observação técnica e científica do processo de fabricação de um dispositivo que pudesse ser acoplado as fresadoras.

#### 3.3. Pesquisa de campo

Tipicamente, o estudo de campo focaliza uma comunidade de trabalho. Basicamente, a pesquisa é desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado que possibilitou captar as expectativas d esse produzir rasgos para chaveta em menor tempo e com menos recurso humano, ou seja, a um custo de produção menor. Esses procedimentos são geralmente conjugados com muitos outros, tais como a análise de documentos, filmagem e fotografias (GIL, 2002, p. 53).

#### 3.4. Desenvolvimento do projeto através de desenho e ensaios assistidos por computador

Em ambiente simulado através do *software* “Inventor”, foi possível planejar e verificar cada parte e elemento de máquinas do dispositivo, como por exemplo, a vista explodida do dispositivo de abertura de rasgos internos para chavetas numerando os 27 itens que compõe o dispositivo e elencando a lista dos componentes, o que é vital para que a manutenção preventiva e corretiva ocorra na melhor forma e no menor tempo de atuação, conforme demonstrado na Figura 6.



Figura 6. Vista explodida e lista de peças do equipamento

Em continuidade aos esforços e as cargas atuantes no dispositivo, a Figura 7 apresenta a escala de deslocamento máximo e mínimo para o conjunto montado, definindo assim qual o componente deverá ser mais bem projetado e inspirará a necessidade de uma maior manutenção preventiva no



sentido de se evitar que o mecanismo deforme de tal maneira que entre em módulo de falha e venha a falhar efetivamente, comprometendo a produtividade pela inoperância do dispositivo.

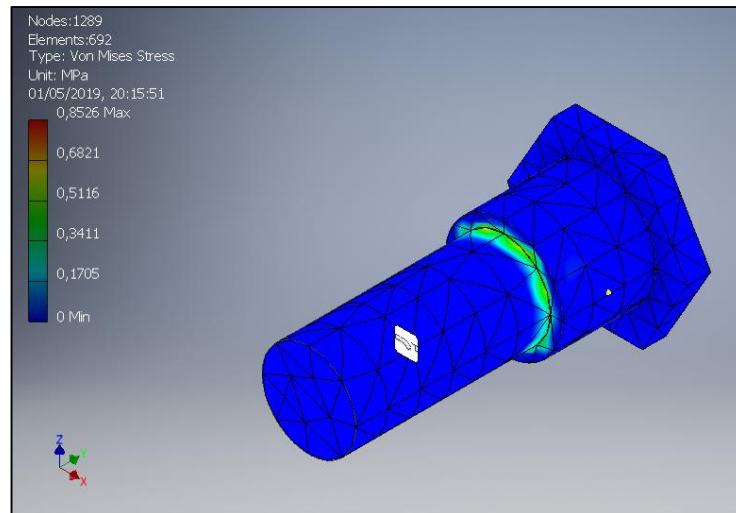


Figura 7. Análise de deformação no conjunto

### 3.5. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos mediante livros, textos, artigos existentes na biblioteca da Universidade de Taubaté e bases de artigos eletrônicos, conforme referenciados.

### 3.6. Construção e funcionamento do dispositivo

O processo estudado permitiu a construção do dispositivo que deixará de ser limitado a plaina e poderá ser produzido, após a confecção dispositivo inovador, permitindo abrir os rasgos internos para chavetas em fresadoras, que os fabricará em um tempo menor e com menos recurso humano, pois o processo deixará de ser manual, pois a velocidade é controlada pelo inversor de frequência acelerando ou reduzindo a velocidade de corte, conforme demonstra a Figura 8.

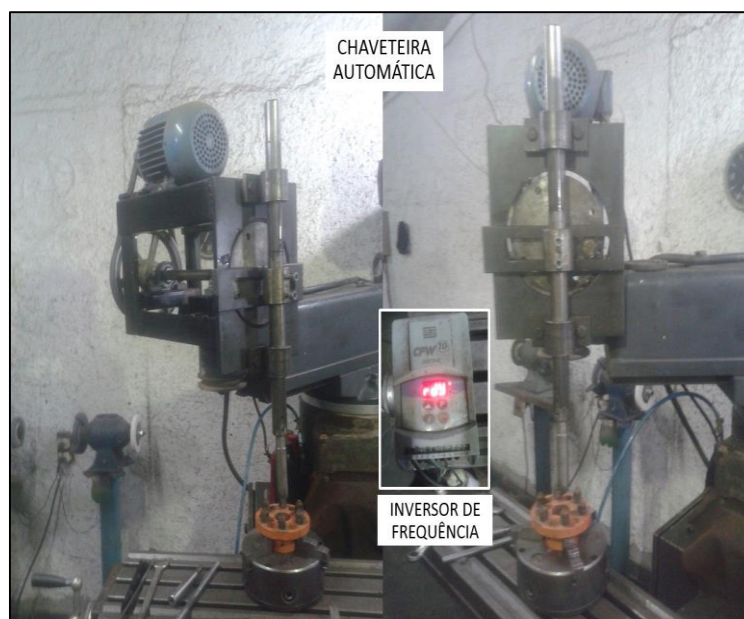
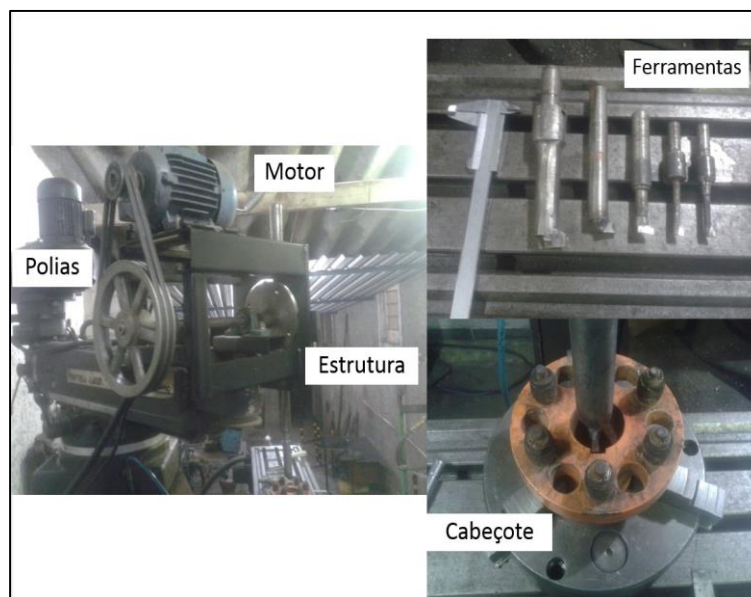


Figura 8. Vista frontal do protótipo acoplado a fresadora.

Nesse viés, a construção de um protótipo do dispositivo para abrir rasgos acoplado a fresadoras, o processo de transformação do movimento circular em movimento linear e otimizar a atividade da ferramenta de corte (torpedo) e seus mancais guias, permite que o eixo arvore da fresadora que comando a máquina-ferramenta faça a transmissão do movimento da polia transmitindo movimentos do torpedo.

Na Figura 9 e possível ver o detalhamento das partes do protótipo do dispositivo e suas ferramentas, polias, motor e toda estrutura. As ferramentas desenvolvidas especialmente para este dispositivo garantem o sucesso.



**Figura 9.** Detalhamento do dispositivo protótipo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando-se os resultados obtidos, ainda com a máquina em estágio de pré-série, tem-se que foi obtida uma redução do tempo de usinagem do rasgo de chaveta de até 80%.

O tempo médio de usinagem de abertura de um rasgo de chaveta passou de aproximadamente 60 minutos para 10 minutos, multiplicando-se em 6 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.

#### 5. CONCLUSÕES

A confecção dos rasgos internos em fresadoras abrangeu desde a configuração da tecnologia de corte, adaptação de estruturas de suporte, sustentação, atuação e alimentação automática para adequar a máquina-ferramenta fresadora para usinar rasgos internos de chavetas.

O conjunto transmissor mecânico que transforma movimento circular em movimento linear, foi instalado em um espaço do mecanismo como sendo uma característica determinante no desenvolvimento, adequação e sucesso da inovação, permitindo que os rasgos internos para chavetas sejam construídos em fresadoras universais.

Após a fabricação da máquina para a abertura do rasgo de chaveta adaptado as fresadoras, foi possível trabalhar com diferentes dimensões, geometrias e tamanhos de peças, sendo para isso, confeccionadas um conjunto de ferramentas de corte com diferentes tamanhos e formatos.

Conclui-se que a fabricação dos rasgos da chaveta, com o dispositivo inovador, torna a produção e confecção de rasgos internos independente da habilidade do operador, em um menor tempo de fabricação e com um mínimo esforço humano para usinar rasgos internos de chaveta, considerando-se também a diluição de valores financeiros pela maior produtividade.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Normas Regulamentadoras Brasileiras. NR-1 a NR-36. 2019. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>. Acesso em 12 mai.2019.
- BOFF, U.; SCHAEFFER, L.: Fundamentos do projeto de ferramentas para o processo de corte. Corte e Conformação, n. 78, p. 39-44, 2011.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo Japonês**. 9ª Edição. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 2014.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 8ª Ed. São Paulo. Editora Artliber. 2013
- FERREIRA, R. C.; FALEIRO, H. T.; SOUZA, R. F. **Desenho Técnico**. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos: EA-UFG, Goiânia-GO, 2008. 49p.
- GATES, V. **O que é uma correia Sincronizadora**. 2011. Disponível em: [http://www.nazi.com.br/PDF/GATES%20o\\_que\\_e\\_sincro.pdf](http://www.nazi.com.br/PDF/GATES%20o_que_e_sincro.pdf). Acesso em 01/02/2019
- GROOVER, M. P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. Tradução e revisão técnica André Ribeiro de Oliveira. Rio de Janeiro: LTC. 2014. ISBN 978-85-216-2639-8.
- GUERRERO, L. V., LÓPEZ, V. V., & MEJÍA, J. E. (2014). Virtual commissioning with process simulation. Computer-Aided Design - Application. <https://doi.org/10.1080/16864360.2014.914400>.
- IIDA I.; BUARQUE L. Ergonomia Projeto e Produção. São Paulo: Blucher, 2016.
- IMSB, R. **Manual Técnico: Instalações, operações, manutenção e instruções**. Rio Grande do Sul. 2017.50 p.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4ª ed. rev. ampl. reimpr. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.
- MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas. Engrenagens, correias, chavetas...** 10ª Ed. Rev. Erica. 2012. ISBN 978-85-7194-703-0.
- MONDEN, Y. Sistema Toyota de produção: uma abordagem integrada ao just-in-time. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MOURA, R. A.; JESUS, N. M. R.; SOUZA, R. S. **Antropometria e ergonomia como ferramentas de vanguarda produtivas nas indústrias do futuro**. Revista SODEBRÁS. Volume nº 14. Edição



ISSN 2447-5378

n° 157. Janeiro/2019, p.109-112. ISSN. 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2019.157>.

NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas**. Volume 2, Ed. Edgar Blucher, 2016.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas**. Bookman Editora, 4ª edição, 2016.

RODIC, B. (2017). Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. Organizacija, 50(3), 193–207. <https://doi.org/10.1515/orga-2017-001>.

ROZENFELD, H. **Gestão de desenvolvimento de Produtos**. Uma referência para melhorar processos. São Paulo. Editora Saraiva. Reimpr. 2013.

SHIGLEY, MISCHKE, BUDYNAS. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 10ª Ed. Reimpr. McGraw Hills. 2016.

TEIXEIRA, M. J. **Gestão visual de projetos - Utilizando a informação para inovar**. Editora Alta Books. Rio de Janeiro. 2018. ISBN: 978-85-508-0171-1.

VIANA, H. R. G. PCM, **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 192 p.

VIM. Vocabulário Internacional de Metrologia. **Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. 1ª ed. Luso. 2012. INMETRO Rio de Janeiro Ed: Luso-Brasileira. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf). Acesso em 12 mai.2019.