



## DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO SEMIAUTOMÁTICO PARA PREPARAÇÃO METALOGRAFICA

**Daniel Galeazzi** – daniel.galeazzi@live.com

Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Unijui, DCEEng  
Rua Prefeito Rudi Franke, Nº 540, Bairro  
98280000 – Panambi – Rio Grande do Sul

**Gil Eduardo Guimarães** – gil.guimaraes@unijui.edu.br

Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Unijui, DCEEng  
Rua Prefeito Rudi Franke, Nº 540, Bairro  
98280000 – Panambi – Rio Grande do Sul

**Antônio Carlos Valdiero** – valdiero@unijui.edu.br

Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Unijui, DCEEng  
Rua Prefeito Rudi Franke, Nº 540, Bairro  
98280000 – Panambi – Rio Grande do Sul

**Resumo:** *O presente documento trata de um estudo feito após a matéria de mecanismos na busca de uma solução para um problema prático encontrado no laboratório de análise de materiais, que consiste na dificuldade em manter um padrão de qualidade nas amostras de metalografia, em função da inexperiência dos alunos. Para isso criou-se um modelo em CAD de um dispositivo semiautomático com finalidade de preparação de amostras metalográficas. O trabalho esboça uma análise do mecanismo biela-manivela utilizado para a modelagem, visando uma melhor qualidade no preparo das amostras e a possibilidade de manter um padrão nas mesmas, aumentando a repetibilidade nas amostras metalográficas na etapa de lixamento.*

**Palavras-chave:** *Preparação metalográfica, Mecanismo biela-manivela, Ensino de metalografia.*

### 1. INTRODUÇÃO

Entende-se que metalografia é o estudo da morfologia dos metais. Para a realização da análise, o plano de interesse da amostra é cortado, lixado, polido e atacado com reagente químico, de modo a revelar as interfaces entre os diferentes constituintes que compõem o metal.

O processo de lixamento é efetuado manualmente em uma bancada, por ser um realizado manualmente torna difícil a repetibilidade do padrão de qualidade da amostra. Em vista disso utilizando a disciplina de mecanismos foi desenvolvido um dispositivo semiautomático para aumentar a produtividade desse processo que permite uma melhor repetibilidade na qualidade das amostras.

## 2. REVISÃO TEORICA

O controle de qualidade de um produto metalúrgico pode ser estrutural e dimensional. O segundo preocupa-se em controlar as dimensões físicas de um determinado produto, denominado Metrologia. O primeiro preocupa-se com o material que forma a peça, sua composição, propriedade, estrutura, aplicação, etc. Pode ser: físico, químico, metalográfico e especial.

O ensaio metalográfico procura relacionar a estrutura íntima do material com as suas propriedades físicas, com o processo de fabricação e desempenho de suas funções, podendo ser macrográfico ou micrográfico.

### 2.1. Macrográfico

Análise feita a olho nu, lupa ou com utilização de microscópios estéreos (que favorecem a profundidade de foco e dão, portanto, visão tridimensional da área observada) com aumentos que podem variar de 5x a 64X. Através das análises macrográficas e das análises micrográficas é possível a determinação de diversas características do material, inclusive a determinação das causas de fraturas, desgastes prematuros e outros tipos de falhas.

### 2.2. Micrográfico

Análise feita em um microscópio com aumentos que normalmente são 50X, 100X, 200X, 500X, 1000X, 1500X e 2500X. Este tipo de análise é realizada em microscópios específicos, conhecidos como "microscópios metalográficos" ou "microscópios metalúrgicos". Este tipo de microscópio possui baixo campo focal, permitindo apenas a observação de superfícies perfeitamente planas e polidas. Em razão disto, a preparação metalográfica tem grande importância na qualidade de uma análise. Estes microscópios, em geral, possuem sistemas de fotografia integrados, que permitem o registro das análises realizadas.

## 3. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

### 3.1. Corte

Às vezes é necessário particionar o corpo de prova para obterem-se amostras que servirão para análise metalográfica. Operações mecânicas como torneamento, aplainamentos e outras, impõem severas alterações microestruturais devido ao trabalho mecânico a frio. O corte abrasivo oferece a melhor solução para este seccionamento, pois elimina por completo o trabalho mecânico a frio, resultando em superfícies planas com baixa rugosidade, de modo rápido e seguro.

Usa-se um equipamento denominado "Cut-Off" que faz um corte mais preciso, utilizando-se de um fino disco abrasivo e farta refrigeração, a fim de não provocar alterações por calor na amostra.

### 3.2. Embutimento

Parte do material ou produto com forma e dimensões específicas da superfície a ser analisada podendo estar ser embutida ou não. O embutimento é de grande importância para o ensaio metalográfico, pois além de facilitar o manuseio de peças pequenas, evita que amostras com arestas rasguem a lixa ou o pano de polimento; bem como o abaulamento durante o polimento. Existem dois tipos de embutimento, o embutimento a frio e o embutimento a quente.

### ***Embutimento a frio***

No embutimento a frio a amostra é colocada em um molde que é preenchido com resina sintética de polimerização rápida.

### ***Embutimento a Quente***

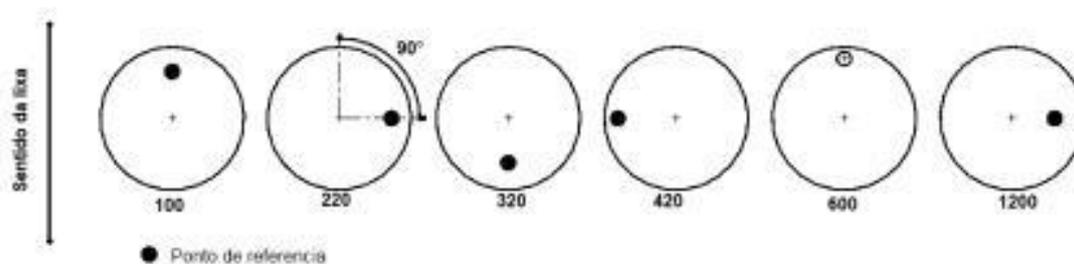
No embutimento a quente, a amostra a ser analisada é colocada em uma prensa de embutimento metalográfico com uma resina, sendo que o mais comumente utilizado é a baquelite.

### **3.3. Lixamento**

Devido ao grau de perfeição requerida no acabamento de uma amostra metalográfica idealmente preparada, é essencial que cada etapa da preparação seja executada cautelosamente, é um dos processos mais demorados da preparação de amostras metalográficas.

Operação que tem por objetivo eliminar riscos e marcas mais profundas da superfície dando um acabamento a esta superfície, preparando-a para o polimento, a lixamento se dá de forma manual sendo úmido ou seco. A técnica de lixamento manual consiste em se lixar a amostra sucessivamente com lixas de granulometria cada vez menor, mudando-se de direção (90°) em cada lixa subsequente até desaparecerem os traços da lixa anterior de acordo com a “Figura 1”.

Figura 1 – Representação esquemática do processo de lixamento



A sequência mais adequada de lixas para o trabalho metalográfico com aços é 100, 220, 320, 400, 600 e 1200 (Pode haver variações). Para se conseguir um lixamento eficaz é necessário o uso adequado da técnica de lixamento, pois de acordo com a natureza da amostra, a pressão de trabalho e a velocidade de lixamento variam de modo empírico.

### **3.4. Polimento**

Operação pós lixamento que visa um acabamento superficial polido isento de marcas, utiliza para este fim abrasivos como pasta de diamante ou alumina. Antes de realizar o polimento deve-se fazer uma limpeza na superfície da amostra, de modo a deixá-la isentam de traços abrasivos, solventes, poeiras e outros.

A operação de limpeza pode ser feita simplesmente por lavagem com água, porém, aconselha-se usar líquidos de baixo ponto de ebulição (álcool etílico, fréon líquido, etc.) para que a secagem seja rápida. Existem cinco processos para a obtenção de uma superfície polida isenta de riscos.

São eles:

- Processo mecânico;
- Processo semiautomático em sequência;
- Processo eletrolítico;
- Processo mecânico-eletrolítico;
- Polimento químico.

Durante o polimento a amostra também é refrigerada, com a utilização de álcool ou agentes refrigerantes específicos. Segurando-se a amostra evitando muito atrito em cima do pano de polimento, se recomenda movimentar a amostra o no sentido inverso ao do movimento do pano, mas para iniciantes recomenda-se apenas segurar a amostra encima do pano para não riscar. Posteriormente ao polimento antes da amostra sofrer o ataque, a mesma deve estar perfeitamente limpa e seca, por isso utilizam-se líquidos de baixo ponto de ebulição como o álcool, éter, etc., os quais são posteriormente secados rapidamente através de um jato de ar quente fornecido por uma ventoinha elétrica ou secador.

### **3.5. Ataque químico**

Seu objetivo é permitir a identificação (visualização) dos contornos de grão e as diferentes fases na microestrutura. Um reagente ácido é colocado em contato com a superfície da peça por certo tempo. O reagente causará a corrosão da superfície. Os reagentes são escolhidos em função do material e dos constituintes macroestruturais que se deseja contrastar na análise metalográfico microscópica.

### **3.6. Autorizações/Reconhecimento**

Os autores são responsáveis por garantir o direito de publicar todo o conteúdo de seu trabalho. Se material com direitos autorais foi usado na preparação do mesmo, pode ser necessário obter a devida autorização do detentor dos direitos para a publicação do material em questão.

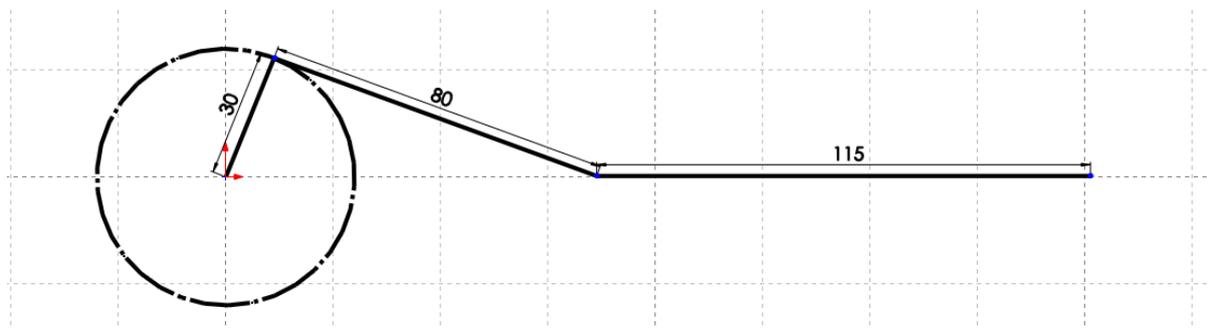
## **4. METODOLOGIA**

Em função da exigência no fator de qualidade da repetibilidade das amostras, foi desenvolvido um dispositivo semiautomático capaz de aumentar o padrão de qualidade das amostras metalográficas na etapa de preparação para o polimento.

Através do conhecimento adquirido em sala de aula na matéria de mecanismos pode-se concluir que o mecanismo mais apropriado para o dispositivo vem a ser um biela-manivela, Esse mecanismo é largamente usado e sua maior aplicação é em motores de combustão interna, onde o movimento linear dos pistões pela explosão do combustível é transmitido para a haste que gira em um movimento circular sobre o eixo de manivela.

Esse mecanismo é o ponto de partida para os sistemas que utilizam o movimento de rotação de um eixo ou de uma árvore para obter movimentos lineares alternativos ou angulares. Sendo esse constituído por a manivela, a biela e a barra cursor por onde ocorrerá a transformação do movimento conforme a “Figura 2”.

Figura 2 – Diagrama de corpo livre



Fonte: Autor

Ele admite apenas movimentos planos. A manivela descreve somente o movimento plano de rotação, a corredeira descreve apenas movimento de translação retilínea e a biela tem um movimento plano geral ou misto (translação e rotação), isto é, os pontos desta ligação têm, simultaneamente, as características dos movimentos de translação e de rotação. Conforme “tabela 1”.

Tabela 1 – Descrição das partes do Mecanismo

Pontos	Tipo de Junta	Par cinemático	Movimento permitido
A	Revolução	Inferior	Rotação
B	Revolução	Inferior	Rotação
C	Revolução	Inferior	Rotação
D	Planar	Inferior	Translação

A partir do diagrama e da tabela pode-se coletar dados para o cálculo de quantos graus de liberdade “Equação 1” obtém-se com layout proposto.

$$GDL = 3(N - 1) * 2p - q \quad (1)$$

Sendo assim os dados obtidos foram:

$N = 4$  (Número de pontos do Mecanismo)

$p = 4$  (Número de pares simples que restringem um movimento)

$q = 0$  (Número de pares simples que restringem mais de um movimento)

Aplicando os dados na “Equação 1” tem-se:

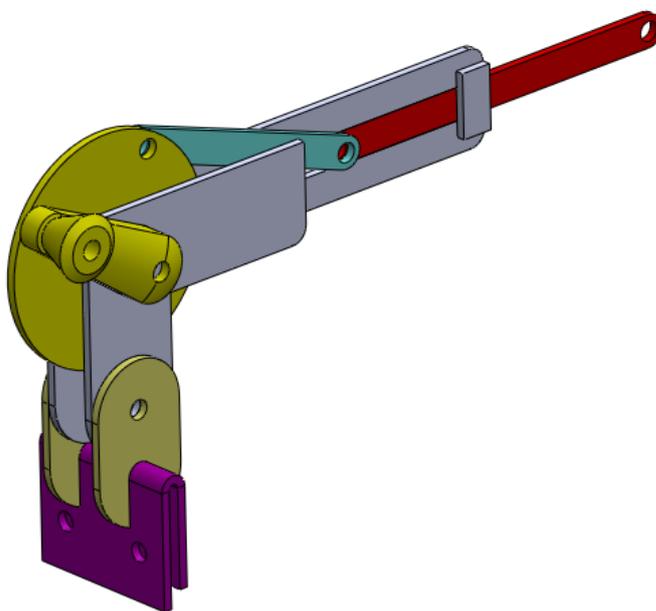
$$GDL = 3(4 - 1) * 2 * 3 - 0 \quad (1)$$

Obteve-se o resultado de um grau de liberdade para o mecanismo, ou seja, o mecanismo poderá realizar apenas um movimento de rotação ou linear, dependendo da aplicação proposta, aplicando a proposta sugerida inicialmente, ou seja, gerando um movimento de rotação ou translação.

Através de estudos no Software de Cad SolidWorks 2013, chegou-se no modelo de dispositivo abaixo na “figura 3”. Que se divide em 4 partes, sendo elas:

1. Corpo (cinza)
2. Polia/Manivela (Amarelo)
3. Biela (Azul)
4. Barra Cursor (Vermelho)

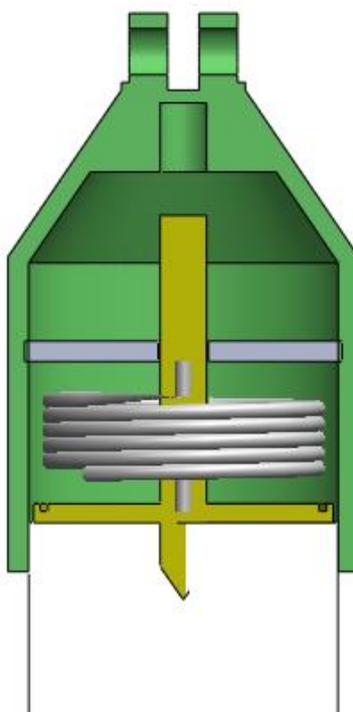
Figura 3 – Modelo em 3D



Fonte: Autor

Posteriormente procurou-se um método de se fixar o corpo de prova metalográfico no mecanismo de lixamento. Tendo que a carga necessária para o processo foi adotada seguindo um artigo de metalografia “ROHDE, R. A. R. **Metalografia – Preparação de Amostras**, versão – 2.1”. Onde cita-se que a carga necessário para o polimento é o dobro do peso da peça, em vista disso aplicou-se o dobro desta carga para a realização do lixamento, o corpo de prova tendo dimensões padrões adotadas para o corpo de prova que são 40 mm de diâmetro e 20 mm de altura. Chegou-se a um conceito de uma espécie de copo com o diâmetro interno maior ou igual a 40 mm, com uma mola helicoidal de compressão exercendo uma força no interior o dispositivo empurrando o corpo de prova para fora através de um eixo guia fixado no mesmo. Conforme a vista em corte na “figura 4”.

Figura 4 – Dispositivo de fixação



Fonte: Autor

Para o dimensionamento da mola utilizou-se primeiramente o cálculo do índice:

$$C = \frac{d_m}{d_a} \quad (2)$$

Sendo que o índice é a razão entre o diâmetro da mola ( $d_m$ ) e o diâmetro do arame ( $d_a$ ). A inclinação da espira, juntamente com a sua curvatura, aumenta a tensão de cisalhamento, portanto para minimizar os valores dessa tensão aconselha-se o uso de  $C > 9$ . O índice encontrado entre a relação escolhida de 35 mm para ( $d_m$ ) e 2 mm para ( $d_a$ ) foi de 17,5 mm sendo que  $17,5 > 9$ , o índice se satisfaz a proposta.

Posteriormente definiu-se a deflexão da mola através da “equação 3”:

$$\delta = \frac{8.F.D^3.N}{d^4.G} \quad (3)$$

Sendo que o valor aproximado para o módulo de elasticidade transversal do material, o Gaço é 78400 N/mm<sup>2</sup>, o valor de “D” é igual ao diâmetro médio da mola sendo 35 mm, o valor da força é dado de forma em função do massa da amostra atribuindo que em média uma

amostra pronta para o lixamento tem em médio 35 gramas, atribuiu-se que a 4 vezes a massa da amostra seria suficiente para o processo, definido então um valor de 1,4 N, o valor de “d” é o valor do diâmetro arame sendo igual a 2 mm e o valor de espiras ativas é dado de forma adimensional ou seja definida pelo usuário da fórmula que para fins de cálculo foi definido um valor de N=3 espiras ativas e para esta mola o valor total de espiras inativas é definida em norma sendo  $N_t = N + 2$ .

Logo o valor encontrado para a deflexão foi,  $\delta = 1,15$  mm

Portanto agora pode definir-se o valor da constante elástica, “equação 4”:

$$k = \frac{F}{\delta} \Rightarrow k = \frac{d_a \cdot G}{8 \cdot C^3 \cdot n_a} \quad (4)$$

Aplicando a “equação 4” encontrou-se o valor de  $K = 1,22$  Pa.

O passo da mola é definido pela “Equação 5”:

$$p = d_a + \frac{\delta}{n_a} + 0,15 \frac{\delta}{n_a} \quad (5)$$

O passo é definido pela soma do diâmetro do arame da entre a deflexão por espiras ativas com mais 15% da deflexão por espira ativa, obtendo então um valor para o passo de  $p = 2,44$  mm.

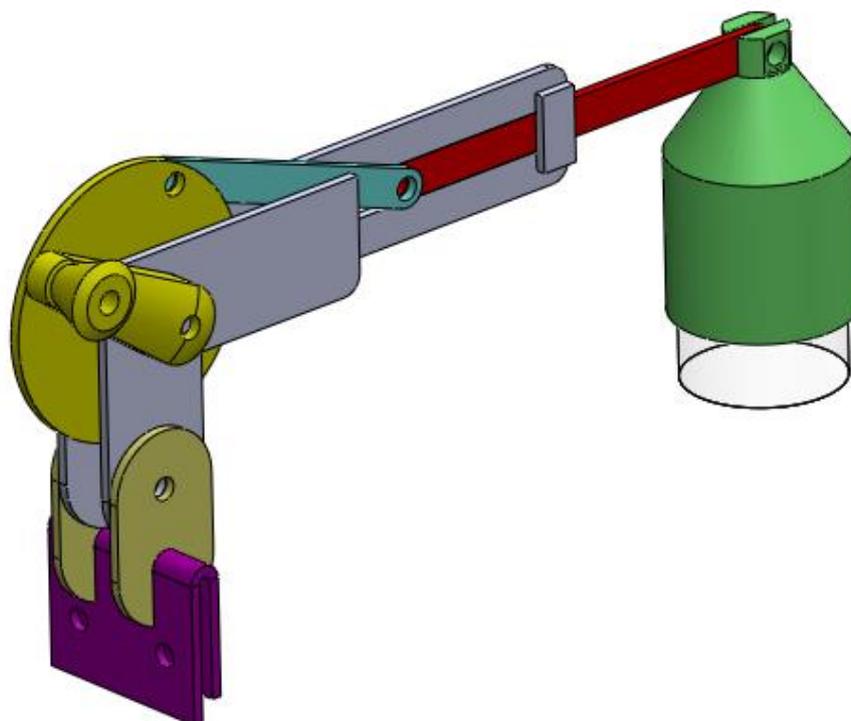
A partir dos valores obtidos tem-se uma tabela 2.

Tabela 2 – Valores para Mola Helicoidal de Compressão

Índice	$C = 17,5$ mm
Deflexão	$\delta = 1,15$ mm
Constante Elástica	$K = 1,22$ Pa
Passo	$p = 2,44$ mm

A montagem final do mecanismo é dada pela “figura 6”, sendo que a fixação na bancada de lixamento é dada por uma corredeira em “U” (roxo) soldada em dois olhais (bege), que prende-se na bancada através de barras roscadas.

Figura 6 – Montagem Final do dispositivo

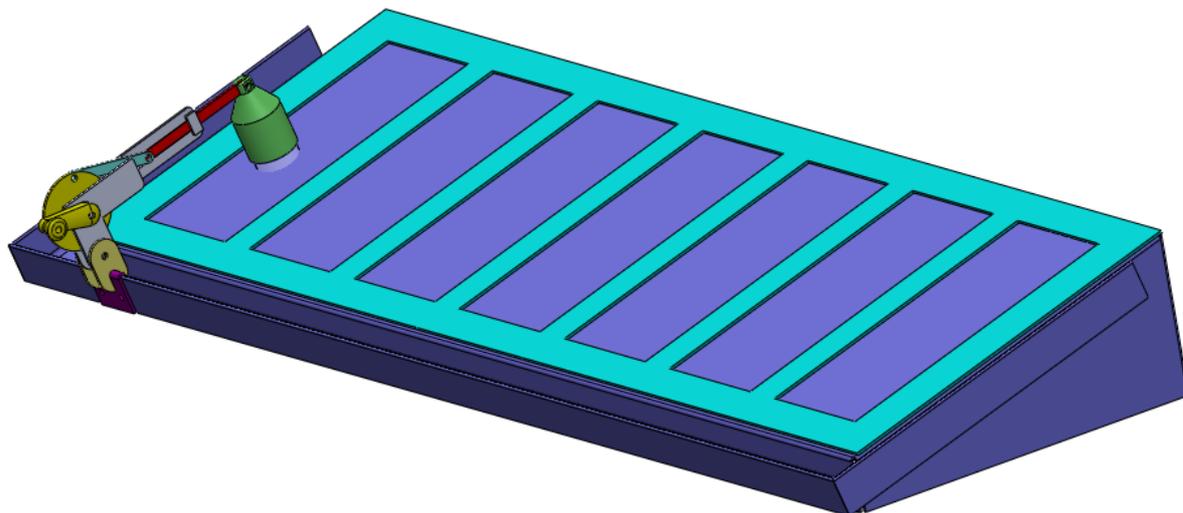


Fonte: Autor

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

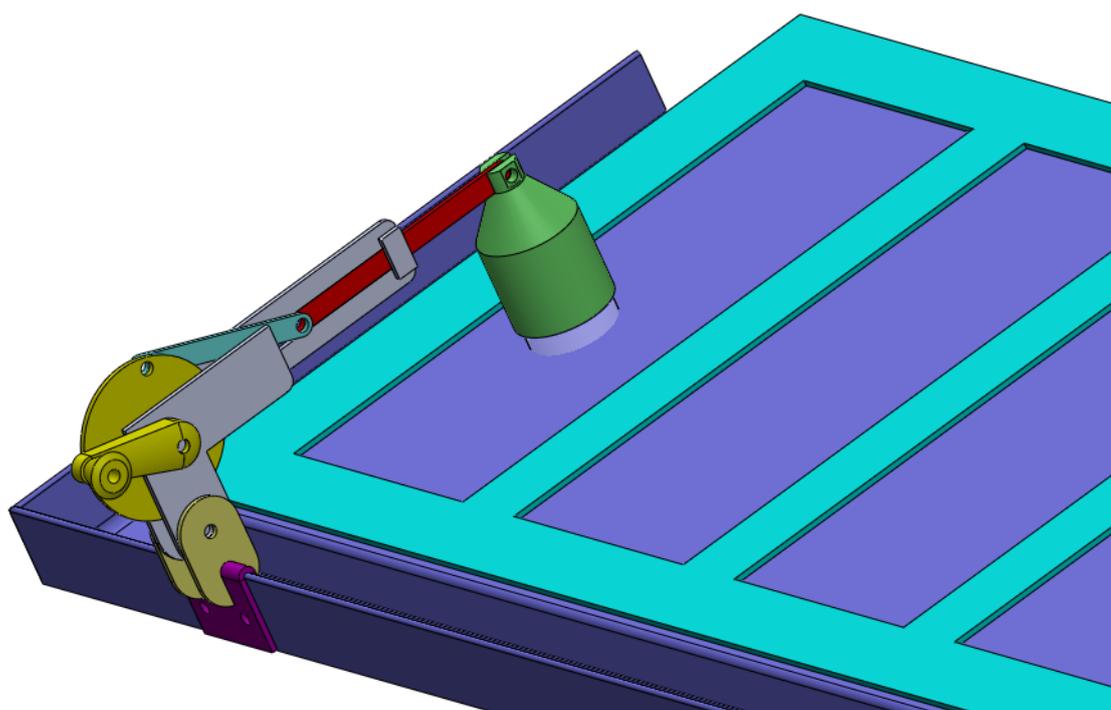
Para um melhor entendimento da modelagem feita, foi realizado simulações de movimento e de força em todos os mecanismo que compõem o projeto. A bancada metalográfica foi redesenhada para se adaptar ao dispositivo proposto conforme as “figuras 7” e “figura 8”.

Figura 7 – Bancada Metalografica com dispositivo Inserido



Fonte: Autor

Figura 8 – Detalhe da bancada e do mecanismo



Fonte: Autor



## 6. CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento deste projeto pode-se aproveitar dos conhecimentos adquiridos no curso de engenharia mecânica e criar um modelo de um dispositivo que poderá ser muito útil no processo de lixamento de amostras metalográficas, proporcionando um fácil manuseio do processo podendo ser executado por usuários iniciantes, obtendo a possibilidade de criar um fator de repetibilidade nas mesmas e obtendo um padrão de amostras que no futuro será útil para a análise e comparação.

## 7. REFERENCIAS

BARBOSA, J. P. B. **Dimensionamento de molas**. Disponível em:

<[ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/joaopb/Elementos%20de%20Maquinas%20I/Aula\\_05%20-%20Dimensionamento%20de%20Molas.pdf](ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/joaopb/Elementos%20de%20Maquinas%20I/Aula_05%20-%20Dimensionamento%20de%20Molas.pdf)> Acesso em: 06 Jun. 2014.

COLPAERT; Hubertus. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns, 3ª Edição, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo – 1974.

COUTINHO, Telmo de Azevedo. Metalografia de Não-Ferrosos, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo – 1980.

ERDMAN, A.G.; SANDOR, G.N. Mechanisms Design: Analysis and Synthesis. Pentice-Hall, 1984.

JUVINALL, R. C. & MARSHEK, K. M. Fundamentals of machine component design. Ed. John Wiley & Sons. New York, 1991. 2ªed.

SHIGLEY, Joseph E. and UICKER Jr., John J. Theory of machines and mechanisms. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

ROHDE, R. A. R. **Metalografia – Preparação de Amostras**, versão – 2.1. Disponível em:

<<https://ebah-files.s3.amazonaws.com/ABAAAAMiMAG?Expires=1401735197&AWSAccessKeyId=AKIAIII5BVM6PM2O7MPA&Signature=jtDEGFWRkzGpV1Ny6d%2BKBNzRvyk%3D>>

Acesso em: 02 de Jun. 2014.



## **DEVELOPMENT OF A SEMI-AUTOMATIC DEVICE FOR PREPARATION METALOGRAFICA**

**Abstract:** *This document is a study done after the mechanisms in the search for a solution to a practical problem encountered in materials analysis laboratory, which is the difficulty in maintaining a standard of quality in the metallography samples, due to the inexperience of the students. For this created a CAD model of a semi-automatic device with the purpose of preparation of samples metalográficas. The work outlines an analysis of connecting rod-crank mechanism used for modeling, aiming at a better quality in the preparation of the samples and the possibility of maintaining a pattern in the same, increasing repitibilidade in the samples metalográficas in sanding step.*

**Key words:** *Metallographic preparation, connecting rod-crank Mechanism, teaching of metallography.*