



INSTITUTO FEDERAL
MINAS GERAIS

BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
CALANDRA MANUAL

Breno Andrade Ramos

Davi Goulart Portela

Matheus Campos Calixto

Vinícius Vieira Cardoso de Andrade

Arcos-MG

Julho/2019

Breno Andrade Ramos
Davi Goulart Portela
Matheus Campos Calixto
Vinícius Vieira Cardoso de Andrade

BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
CALANDRA MANUAL

Relatório final, apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)-Campus Avançado Arcos, em cumprimento à exigência da disciplina Trabalho Acadêmico Integrador 1.

PROFESSOR: Prof. Dr. Nilton Vieira Junior.

Arcos-MG
Julho/2019

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------|-----------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 4 |
| LISTA DE TABELAS | 5 |
| RESUMO..... | 6 |
| ABSTRATC..... | 7 |
| 1-INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.1-Objetivo..... | 8 |
| 1.2-Justificativa..... | 8 |
| 2-CONTEXTUALIZAÇÃO | 9 |
| 3-METODOLOGIA | 10 |
| 4-CÁLCULOS UTILIZADOS | 11 |
| 5.1-Construção/Montagem | 17 |
| 5.2-Ferramentas utilizadas | 20 |
| 5.3-Materiais e Orçamento..... | 21 |
| 7-CONCLUSÃO | 23 |
| 8-ANEXOS | 24 |
| Anexo I- Desenho Técnico..... | 24 |
| Anexo II - Diagramas | 25 |
| 9-REFERÊNCIAS | 26 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1-Ensaio de tração para o aço 1050 | 11 |
| Figura 2-Variação da tensão de flexão..... | 13 |
| Figura 3- Diagrama de corpo livre..... | 13 |
| Figura 4-Método da seção 1 | 14 |
| Figura 5- Método da seção 2 | 14 |
| Figura 6- Marcação dos materiais..... | 17 |
| Figura 7- Contando peças..... | 18 |
| Figura 8- Calandra finalizada sem os acabamentos..... | 19 |
| Figura 9- Calandra curvando chapa de 1,5mm | 19 |
| Figura 10- Ferramentas utilizadas..... | 20 |
| Figura 11- Desenho Técnico..... | 24 |
| Figura 12- Diagrama de momento fletor..... | 25 |
| Figura 13- Diagrama de esforço cortante..... | 25 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Aço comum ao carbono | 12 |
| Tabela 2- Materiais gastos e seus custos | 21 |
| Tabela 3- Cronograma | 22 |

RESUMO

Calandras são máquinas constituídas por um conjunto de rolos com movimentos giratórios e pressão regulável. São usadas para curvar e desempenar chapas, tubos ou perfis de aço. O material a ser curvado possui grande resistência e por isso a calandra é essencial para obter seu curvamento, obtendo o ângulo de curvatura desejado.

Com tantas aplicações, a calandra de aço acaba tendo uma vasta variedade de modelos e tamanhos, podendo ser motorizada ou manual. O tipo de calandra escolhida para este projeto foi a calandra de barra chata manual em menor escala, composta por três rolos, sendo os dois inferiores fixos e o superior ajustável.

A calandra projetada não foi construída, no entanto foi desenvolvido um protótipo, com intuito de demonstrar o funcionamento da máquina. O mesmo conseguiu curvar e desempenar chapas de aproximadamente 1,5mm de espessura.

Palavras-chave: Aço, Calandra, curvamento.

ABSTRACT

Calenders are machines consisting of a set of rollers with adjustable rotary and pressure guides. Are used to bend and complete panels, pipes or steel profiles, the material is curved and have a calender is essential to obtain its bending, obtaining the desired bending angle.

With a wide application of a small variety of models and parts, it can be motorized or manual. The type of calender chosen for this project was a small-scale manual bar calender, consisting of three rollers, the two fixed being lower and the upper one adjustable.

The projected calender was not built, however a prototype was developed, in order to demonstrate the operation of the machine. It was able to bend and perform plates of approximately 1.5mm thickness.

Key words: Steel, calender, bending.

1-INTRODUÇÃO

A proposta de projeto apresentada é a de uma calandra manual elaborada por quatro universitários do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)-Campus Avançado Arcos.

A calandra é uma ferramenta muito utilizada no meio industrial com várias aplicações, sendo a principal função fazer uma curvatura em chapas de aço e metal de alta rigidez.

O modelo de calandra escolhido pelo grupo foi a calandra manual em escala reduzida, pois pode ser aplicada nas disciplinas aprendidas em sala de aula em sua construção e funcionamento.

1.1-Objetivo

Objetivo geral do projeto: O projeto tem como objetivo o aprendizado do trabalho em grupo, a fim de que se possa trabalhar e aprender juntos e verificar a aplicação prática das matérias apreendidas no primeiro semestre de Engenharia Mecânica.

Objetivo específico: O projeto está sendo desenvolvido com o propósito de demonstrar o funcionamento de uma calandra manual de menor escala a fim de dobrar barras chatas do aço 1050 com 3/16" de espessura. Para alcançar tal objetivo foi necessário realizar cálculos relacionados a estática e resistência dos materiais.

1.2-Justificativa

A ideia se tornou sólida após uma visita técnica à empresa, Vieira e Rabelo, a qual utiliza diversos tipos de calandra para a fabricação de caldeiras e estruturas que precisam de curvatura. Na empresa, foi possível ver o funcionamento de algumas calandras industriais. A fim de entender o funcionamento da máquina, foi definido que o projeto seria uma calandra manual, porque demonstra o funcionamento da industrial, porém tem a mobilidade de um projeto em escala reduzida.

2-CONTEXTUALIZAÇÃO

Antes da Revolução Industrial, devido à falta de tecnologia, o processo de curvamento era obtido a partir do chamado dobramento a quente o qual consistia em aquecer o material para que o mesmo perdesse um pouco da sua rigidez, tornando-o mais maleável e fácil de conformar.

De concepção muito simples, as calandras manuais são máquinas essencialmente constituídas por três rolos horizontais que operam entre dois montantes laterais. Utilizam-se calandras manuais quando a produção é limitada a uma pequena quantidade de peças, de pequenas ou médias dimensões.

As principais vantagens da calandragem são bom aproveitamento da matéria-prima, rapidez na execução, possibilidade de melhoria e controle das propriedades mecânicas e do material.

3-METODOLOGIA

Após a visita técnica à empresa Vieira e Rabelo, pôde-se observar o funcionamento de calandras industriais, a partir daí iniciou-se a pesquisa do projeto.

Com base em pesquisas feitas pelo grupo para prosseguir com o trabalho, foi necessário definir o limite (força mínima necessária para curvar o material) da máquina para continuar com os estudos e aplicações. Foi definido neste projeto que a calandra iria trabalhar com uma barra chata do aço SAE 1050, por ele ser mais resistente, sendo a barra chata de no máximo 5mm de espessura e 100mm de largura, isso sobre sua área transversal.

Ao recorrer à ajuda de professores do campus, descobriu-se que a calandra iria trabalhar com momento fletor e tensão de flexão, com o intuito de calcular a força mínima necessária para o dobramento da barra chata por meio de estudo (livro de Estática 12ª edição do autor Hibbler), foram realizados estudos sobre diagrama de corpo livre e sobre o método da seção. O diagrama de corpo livre serviu para representar os esforços atuantes na máquina e o método da seção para expor os esforços internos da barra chata.

Precisou-se, ainda, fazer uma pesquisa sobre resistência dos materiais, principalmente seus conceitos básicos, através do livro Resistência dos materiais 7ª edição, do autor R.C. Hibbler, utilizado para entender os conceitos de força, tensão, deformação, gráfico de tensão por deformação, tensão de flexão e momento fletor, que são os principais assuntos abordados neste trabalho.

4-CÁLCULOS UTILIZADOS

Para se desenvolver a calandra foi preciso descobrir a força mínima necessária para o dobramento do determinado material, ou seja, a flexão que a calandra exerce no material, para isso se definiram alguns pontos importantes sobre a calandra. Os pontos definidos da calandra foram o tipo do material usado e as medidas do mesmo, também foi necessário definir a distância entre os rolos de apoio.

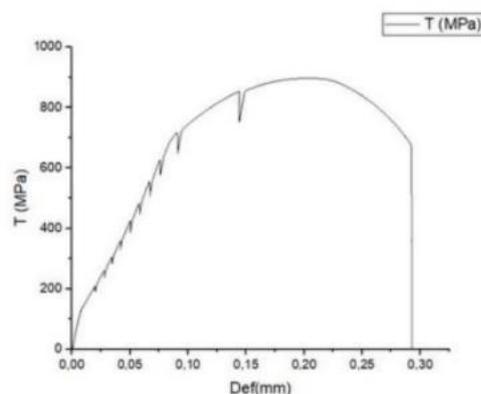
Para o projeto foi definido que a calandra terá capacidade de dobrar uma barra de aço 1050 com espessura de aproximadamente 5mm e a largura de no máximo 100mm, o comprimento da barra será indefinido, porém deverá ser maior que 245mm, que é a distância entre os rolos de apoio.

Segundo Hibbler (2010, p.14), a tensão é a distribuição de forças que agem a área de uma seção. Tensão é representado pelo símbolo σ (sigma), a fórmula de tensão é $\sigma = F/A$.

“Sempre que uma força é aplicada a um corpo, esta tende a mudar a forma e o tamanho dele. Essas mudanças são denominadas deformações”. (Hibbler, 2010, p.47).

O gráfico de tensão por deformação que é apresentado na figura abaixo é definido sobre um ensaio de tração feito no Aço SAE 1050.

Figura 1-Ensaio de tração para o aço 1050



Fonte: UFERSA

Tabela 1- Aço comum ao carbono

| ABNT | Tratamento | σ_r [MPa] | σ_e [MPa] | BH [kgf/mm ²] | Alongamento [%] |
|------|------------|------------------|------------------|---------------------------|-----------------|
| 1050 | Trefilado | 690 | 580 | 197 | 10 |

Fonte: Tabela adaptada de ArcelorMittal

Esse ensaio mostra que a tensão de escoamento (σ_e) é 580 MPa. A tensão de escoamento é o ponto onde o material passa do regime elástico para o regime plástico. O regime elástico é a seção do gráfico onde ocorre uma deformação que o material pode sofrer, porém após essa tensão aplicada o material pode voltar ao seu estado inicial, e o regime plástico é a seção do gráfico onde a deformação ocorre permanentemente, a tensão de escoamento é o limite máximo do regime elástico.

Sabe-se que a calandra irá fazer uma flexão na peça e precisa-se calcular essa flexão para obter a força mínima necessária para a deformação no regime plástico, isto é, para que a força aplicada ultrapasse o regime elástico.

A fórmula da flexão é: $\sigma_e = M_f \cdot c / I$, sendo:

- σ_e a tensão de escoamento do material;
- M_f o momento fletor;
- c a distância perpendicular mais afastada do eixo neutro, sendo o eixo neutro o centroide;
- I o momento de inércia da área da seção transversal calculada em torno do eixo neutro.

Sabe-se que:

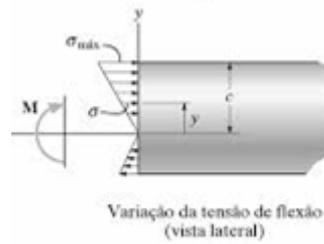
$$\sigma_e = 580 \text{ MPa}$$

$$M_f = ?$$

$$c = ?$$

$$I = ?$$

Figura 2-Varição da tensão de flexão



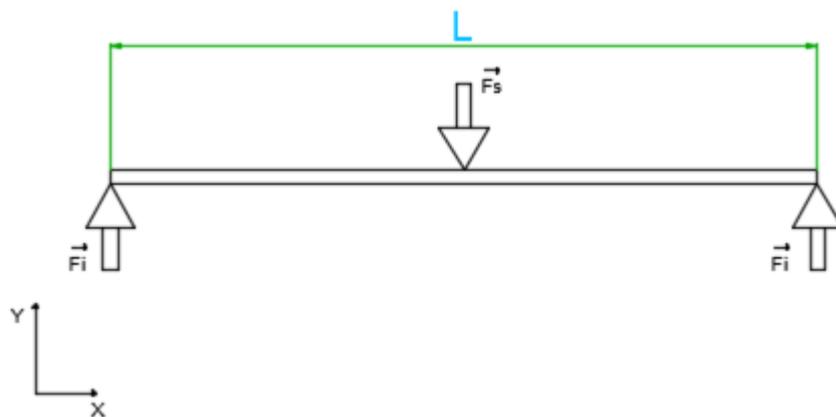
Fonte: Resistência dos materiais 12ª edição cap.6 Flexão

O momento de inércia da área de um retângulo, segundo o livro resistência dos materiais p.208, é definido por $I = (1/12) \cdot b \cdot h^3$, sendo h a espessura da barra chata e b a sua base.

Para definir o momento fletor é necessário fazer o diagrama de corpo livre e expor os seus esforços através do método da seção.

Diagrama de corpo livre (DCL):

Figura 3- Diagrama de corpo livre



Fonte: Próprios autores

Sabemos que o somatório de forças em x é igual a zero e o somatório de forças em y é igual a zero:

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$+ F_i - F_s + F_i = 0$$

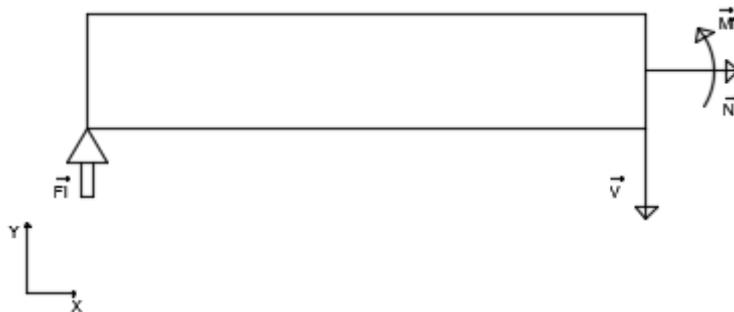
$$\underline{F_s = 2F_i}$$

Seguindo o mesmo princípio do diagrama de corpo livre, $\rightarrow \sum F_x=0$
 $\uparrow \sum F_y=0$ $\sum M=0$, se faz o método da seção para expor os esforços internos da barra
 chata:

Método da seção onde $0 \leq X < L/2$, sendo X a distância da barra
 horizontalmente:

V é o esforço cortante e N é a força normal.

Figura 4-Método da seção 1



Fonte: Próprios autores

$$\rightarrow \sum F_x=0$$

$$+N=0$$

$$\sum M=0$$

$$-F_i \cdot X + M = 0$$

$$M = F_i \cdot X$$

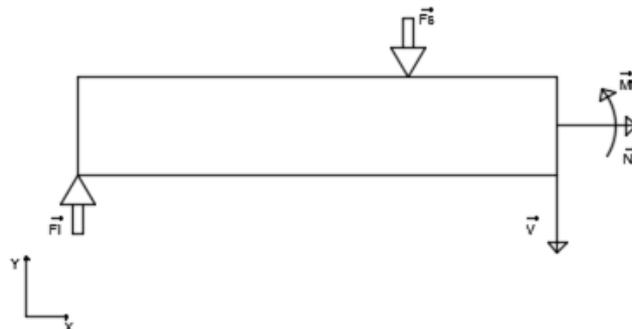
$$\uparrow \sum F_y=0$$

$$dM/dx = V$$

$$V = F_i$$

Método da seção onde $(0 < X \leq L)$:

Figura 5- Método da seção 2



Fonte: Próprios autores

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$+ N = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$-V - F_s + F_i = 0$$

$$V = F_i - 2F_i$$

$$\underline{V = -F_i}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_i \cdot X + F_s \cdot (X - L/2) + M = 0$$

$$-F_i \cdot X + 2F_i \cdot (X - L/2) + M = 0$$

$$-F_i \cdot X + 2F_i \cdot X - F_i \cdot L + M = 0$$

$$\underline{M = -F_i \cdot X + F_i \cdot L}$$

Cálculos do momento fletor

Quando x tende a L ($x \rightarrow L$):

$$M = -F_i \cdot X + F_i \cdot L$$

$$M = -F_i \cdot L + F_i \cdot L$$

$$M = 0$$

Quando x tende a L/2 ($x \rightarrow L/2$)

$$M = -F_i \cdot L/2 + F_i \cdot L$$

$$M = -F_i \cdot L/2 + 2F_i \cdot L/2$$

$$\underline{M = F_i \cdot L/2}$$

Plotando o diagrama de momento fletor utilizando os seguintes comandos no Matlab (o diagrama se encontra em anexo):

```
M= [0 122.5 245];
```

```
fi= [0 1972.8 0];
```

```
plot(M,fi,'-o')
```

Aplicando na fórmula da flexão:

$$\sigma_e = 580 \text{ Mpa}$$

$$M = F_i * L / 2$$

$$c = h / 2$$

$$I = (1/12) * d * h^3$$

Fórmula flexão

$$\sigma_e = ((F_i * L / 2) * (h / 2)) / ((1/12) * b * h^3)$$

Calculando:

$$580 * 10^6 = ((F_i * (245 * 10^{-3}) / 2) * ((5 * 10^{-3}) / 2)) / ((1/12) * (100 * 10^{-3}) * (5 * 10^{-3})^3)$$

Tornando em função de F_i :

$$F_i = ((580 * 10^6) * ((1/12) * (100 * 10^{-3}) * (5 * 10^{-3})^3)) / (((245 * 10^{-3}) / 2) * ((5 * 10^{-3}) / 2))$$

$$F_i = 1,9728 * 10^3$$

$$F_i = 1972,8 \text{ N}$$

Plotando o diagrama de esforço cortante utilizando os seguintes comandos no Matlab (o diagrama se encontra em anexo):

$$L = [0 \ 122.5 \ 122.5 \ 245];$$

$$F_i = [1972.8 \ 1972.8 \ -1972.8 \ -1972.8];$$

$$\text{plot}(L, F_i, '-o')$$

Força mínima necessária:

$$F_s = 2F_i$$

$$F_s = 2 * 1972.8$$

$$F_s = 3945.6$$

É a força mínima de torque necessária para fazer com que a calandra deforme a barra chata permanentemente.

5-PROTÓTIPO

A ideia da construção de um protótipo surgiu a partir da necessidade de simular o funcionamento da máquina.

5.1-Construção/Montagem

Primeira etapa: Dando início à construção do protótipo, foi feito um desenho, utilizando o programa AutoCad para se ter uma noção das dimensões das peças principais (estrutura e rolos), após isso foi feita uma listagem dos materiais que seriam gastos.

Com o desenho e a lista de materiais prontos, houve o deslocamento dos integrantes para o depósito de sucata da empresa a fim de identificar e coletar possíveis materiais que estivessem em bom estado e condissessem com as especificações do croqui. Tendo os materiais em mãos, dirigiram-se para a bancada de trabalho para dar início a fabricação. Com o auxílio de trena, esquadro, martelo, riscador e punção, foi realizada a marcação das peças que compunham a estrutura da calandra.

Figura 6- Marcação dos materiais



Fonte: Próprios autores

Segunda etapa: Após a marcação das peças, foram cortadas duas chapas 14(2mm) com 210mmx180mm, e nelas foram feitos os cortes e as furações das posições dos eixos, utilizando uma esmerilhadeira equipada com disco de corte e uma furadeira de bancada equipada com broca de Ø22mm, um tubo de serralheiro Ø60mm com parede interna de 2mm cortado em três partes de 200mm cada, com uma chapa 14. Foram cortadas seis arruelas de Ø56mm. Foi cortado um vergalhão 5/8" em três partes iguais de 225mm. Foram cortados um tubo quadrado 50mmx30mm em duas partes, com 240mm de comprimento cada; um tubo quadrado de 30mmx30mm em duas partes de 20mm de comprimento cada; duas barras roscadas 3/8" com 100mm cada; uma barra redonda 3/8" em duas partes de 110mm cada e uma parte com 250mm, barra chata 1/4"x3/4" em duas partes 700mm.

Figura 7- Cortando peças



Fonte: Próprios autores

Terceira etapa: Com as peças devidamente cortadas e furadas, iniciou-se a montagem da calandra, seguindo o rascunho. Primeiramente, montando os três rolos da calandra; soldando uma arruela em cada extremidade dos rolos, totalizando assim, seis arruelas de Ø56mm, que foram colocadas com o intuito de servir como apoio para os vergalhões. Antes de soldar as peças, foi realizada uma pré-montagem para verificar o encaixe das peças que seriam soldadas posteriormente. Com tudo no devido esquadro, foi soldada uma base nas paredes da calandra, utilizando os tubos quadrados (50mmx30mm). Após isso, foram acopladas as três engrenagens de caixa

de marcha de moto, soldadas nos eixos, que desempenham o papel de transmitir a rotação para os rolos. Em torno das paredes da calandra, foram soldadas as barras chatas ($\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ ") para servir como apoio para o sistema de regulação do rolo superior da calandra, que por sua vez foi feito, utilizando dois conjuntos, possuindo cada um deles uma barra redonda soldada em uma barra roscada em forma de T, uma porca e uma arruela. Por fim, para a manivela foi utilizada uma barra redonda de 250mm que foi dobrada na morsa com auxílio de um martelo.

Figura 8- Calandra finalizada sem os acabamentos



Fonte: Próprios autores

Quarta etapa: Com a calandra já montada, utilizando uma esmerilhadeira, foram dados os acabamentos para retirar as rebarbas e os excessos dos respingos de solda. Posteriormente, a pintura foi feita com tinta em spray na cor cinza, e por questão estética foram colocados quatro ponteiros de plástico para tampar as aberturas dos tubos quadrados.

Figura 9- Calandra curvando chapa de 1,5mm



Fonte: Próprios autores

Apesar de ser somente um protótipo funcional, o mesmo foi capaz de curvar chapas de aproximadamente 1,5mm de espessura, superando as expectativas para o que o mesmo foi feito.

5.2-Ferramentas utilizadas

Figura 10- Ferramentas utilizadas



Fonte: Próprios autores

- Brocas de 10mm e 22mm;
- Esmerilhadeira 4.½";
- Esquadro;
- Furadeira de bancada;
- Máquina de solda;
- Martelo;
- Punção;
- Retífica;
- Riscador;
- Serra policorte;
- Trena.

5.3-Materiais e Orçamento

Os valores apresentados na tabela abaixo são uma aproximação, devido ao fato de que, os materiais brutos como barras e chapas não são encontrados em pequenas medidas.

Tabela 2- Materiais gastos e seus custos

| Materiais | Especificação | Quantidade | Preço unitário | Preço total |
|-------------------|---------------|-----------------|----------------|-------------|
| Arruela | 7/8" | 3un | R\$0,35 | R\$1,05 |
| Arruela | 1/2" | 2un | R\$0,20 | R\$0,40 |
| Barra chata | 3/4" x 1/4" | 1,4m | R\$6,00 | R\$8,40 |
| Barra redonda | 3/8" | 0,35m | R\$3,50 | R\$1,25 |
| Barra roscada | 3/8" | 0,2m | R\$3,95 | R\$0,80 |
| Chapa | 2mm | 1m ² | R\$96,70 | R\$96,70 |
| Disco de corte | 4.1/2" | 1un | R\$3,20 | R\$3,20 |
| Disco de desbaste | 4.1/2" | 1un | R\$4,45 | R\$4,45 |
| Eletrodo | 6013 x 2,5 | 0,2kg | R\$19,00 | R\$3,80 |
| Engrenagem | Ø56,5mm | 1un | R\$45,00 | R\$45,00 |
| Engrenagem | Ø55mm | 2un | R\$45,00 | R\$90,00 |
| Ponteira | 50mm x 30mm | 4un | R\$0,35 | R\$1,40 |
| Porca | Ø3/8" | 4un | R\$0,10 | R\$0,40 |
| Tinta spray | Cinza | 1un | R\$17,00 | R\$17,00 |
| Tubo quadrado | 50mm x 30mm | 0,48m | R\$11,10 | R\$5,35 |
| Tubo quadrado | 30mm x 30mm | 0,04m | R\$8,75 | R\$0,35 |
| Tubo serralheiro | Ø60mm x 2mm | 0,6m | R\$26,00 | R\$15,60 |
| Vergalhão | 5/8" | 1m | R\$8,65 | R\$8,65 |
| - | - | - | Valor total: | R\$303,80 |

Fonte: Próprios autores

Observação: O valor apresentado na tabela acima não foi inteiramente gasto no protótipo em questão, devido ao fato que foram utilizadas peças sucateadas como chapas, barras e tubos, que foram compradas ao preço de R\$3,00 (três reais) o quilograma. A calandra finalizada pesou aproximadamente 6,2 kg, totalizando R\$18,60 (dezoito reais e sessenta centavos) a serem pagos pelo material.

6-CRONOGRAMA DO PROJETO

Tabela 3- Cronograma

|  IFMG Campus Avançado Arcos - Curso de Engenharia Mecânica | | | TAI nº: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|----------------------|-------------|---------|-------|----|----|----|-------|----|----|----|------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|--|
| Cronograma de Atividades - TAI | | | Ano: 2019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Semestre: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividades | | | Fevereiro | | Março | | | | Abril | | | | Maio | | | | Junho | | | | Julho | | |
| Nº | Descrição da atividade | Responsável | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | |
| 1 | Definição de projeto | Todos os integrantes | Plan. | Realiz. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Especificação dos limites da calandra | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Dimensionamento da calandra | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Especificação dos limites da calandra | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Apresentação parcial | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Compra de peças | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Desenho da calandra | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Montagem do prototipo | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Teste do prototipo | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Gráficos da calandra | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Apresentação final | Todos os integrantes | Plan. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Próprios autores

7-CONCLUSÃO

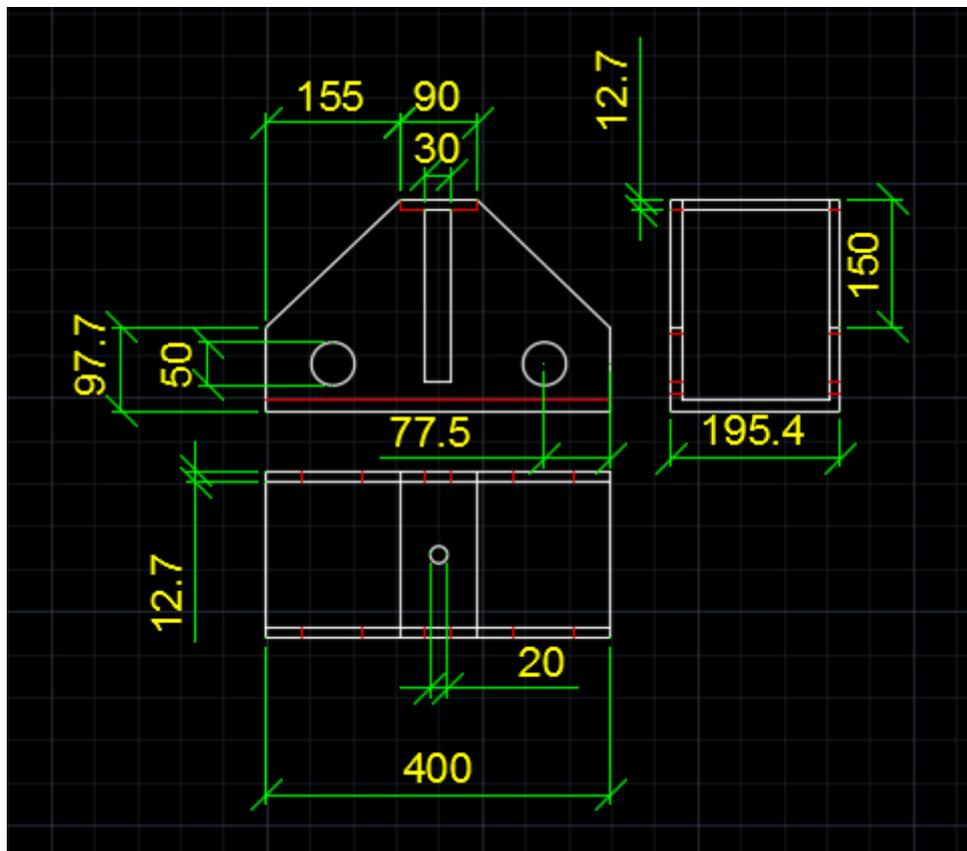
Neste trabalho, foi desenvolvido uma pequena calandra manual com a finalidade de cumprir as exigências da matéria de TAI1 - Trabalho Acadêmico Integrador 1 - matéria que engloba todas as disciplinas do primeiro período.

Ao fim do trabalho, concluiu-se que o TAI possibilitou uma relevante oportunidade de entender o método prático, além de proporcionar o trabalho em equipe para buscar um objetivo maior em comum, preparando os idealizadores do projeto para o âmbito profissional futuramente.

8-ANEXOS

Anexo I- Desenho Técnico

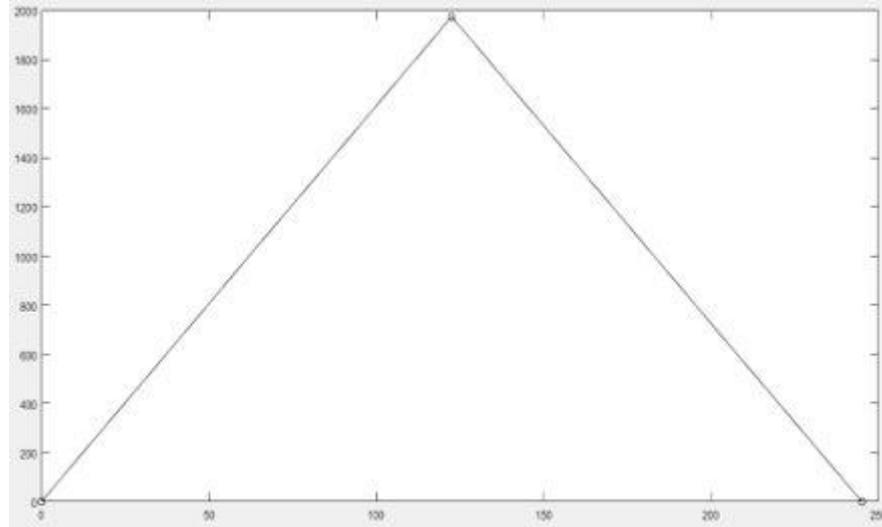
Figura 11- Desenho Técnico



(Fonte: Próprios autores)

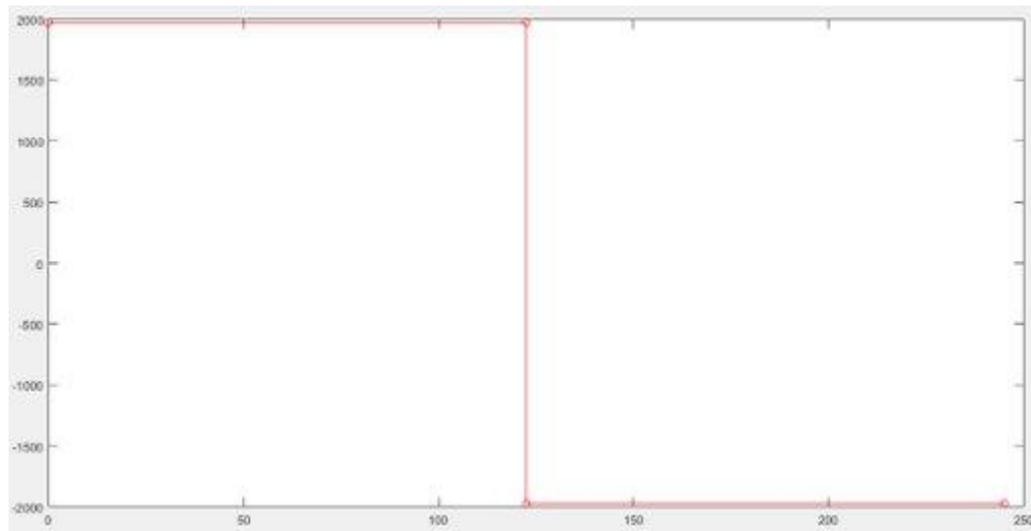
Anexo II - Diagramas

Figura 12- Diagrama de momento fletor



Fonte: Próprios autores

Figura 13- Diagrama de esforço cortante



Fonte: Próprios autores

9-REFERÊNCIAS

HIBBELER, R.C. **Estática: mecânica para engenharia/ Russell Charles Hibbeler**; In:_. tradução Daniel Vieira; revisão técnica José Maria Campos dos Santos. --12. ed.-São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.cap7. p249-289/cap10.p387-390.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos materiais/ Russell Charles Hibbeler**; tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Sebastião Simões da Cunha Jr.--7. ed.--São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.cap6. p181-215.

PALMEIRA, Alexandre Alvarenga. **Capítulo 7: Processos de Dobramento & Calandragem**; Disponível em < <https://pt.slideshare.net/Thrunks/cap-7-dobramento> > Acesso em:24/06/2019

Autor: Editorial Que Conceito. **Conceito de Força**; São Paulo. Disponível em: < <https://queconceito.com.br/forca> >. Acesso em: 25/06/2019