

Etec



CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA

ANNA JHULIA KRAMMER SOARES
KAUÃ CHRISTIAN ROCHA DE ALMEIDA
SAMUEL BERTO DUTRA
SAMUEL VALENTIM DE CAMARGO

MESA PANTOGRÁFICA

**SÃO CARLOS – SP
JUNHO / 2023**

ANNA JHULIA KRAMMER SOARES
KAUÃ CHRISTIAN ROCHA DE ALMEIDA
SAMUEL BERTO DUTRA
SAMUEL VALENTIM DE CAMARGO

MESA PANTOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Paulino Botelho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para a obtenção da habilitação profissional de Técnico de Nível Médio em Mecânica sob a orientação do Professor Cláudio Torres Gonçalves de PTCC e DTCC.

**SÃO CARLOS - SP
JUNHO/2023**

ANNA JHULIA KRAMMER SOARES
KAUÃ CHRISTIAN ROCHA DE ALMEIDA
SAMUEL BERTO DUTRA
SAMUEL VALENTIM DE CAMARGO

MESA PANTOGRÁFICA

Aprovada em : _____ / _____ / _____

Conceito: _____

Banca de Validação:

Professor Cláudio torres Gonçalves
Etec Paulino Botelho
Orientador

Professora Evandra Maria Raymundo
Etec Paulino Botelho

Professor Anderson Belluco
Etec Paulino Botelho

SÃO CARLOS – SP
2023

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos pais que nos ajudaram durante a construção desse projeto, nossos professores, que forneceram toda estrutura e orientação para que a realização do projeto fosse bem sucedida. Dedicamos aos colegas e amigos que aconselharam nosso processo, foi de suma importância todo conhecimento fornecido.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador Professor Cláudio Torres Gonçalves, por toda orientação fornecida à nós. Aos funcionários e servidores da instituição. Nossos colegas de classe, que tornaram todo o processo entusiasmante e em especial ao aluno Antonio Marcos por fornecer seus conselhos construídos com anos de trabalho árduo na área mecânica, obrigado à todos.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar o processo de fabricação de uma mesa pantográfica com a aplicação do Princípio de Pascal em seu sistema de trabalho, e que será utilizado para o ensino de conceitos fundamentais da mecânica a nível técnico, a fim de facilitar o processo de aprendizagem dos alunos e demonstrar a relevância dos conceitos teóricos abordados ao longo do projeto. O desenvolvimento do projeto será feito em etapas, sendo a primeira etapa a pesquisa e revisão bibliográfica, orientada a sistemas hidráulicos e a mecânica na física, cálculos e dimensionamento das partes que compõem o projeto. O projeto será desenvolvido nas oficinas da própria instituição (ETEC Paulino Botelho) onde a matéria prima e peças do sistema será provido pelos alunos deste presente trabalho, por último teremos a análise dos resultados da mesa pantográfica e do trabalho como um todo.

Palavras-chave: Mesa Pantográfica; Princípio de Pascal; Sistemas Hidráulicos; Mecânica dos Fluidos.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate the manufacturing process of a pantographic table using the application of Pascal's Principle in its working system. It will be used to teach fundamental mechanical concepts at a technical level, in order to facilitate the learning process of the students and demonstrate the relevance of the theoretical concepts addressed throughout the project. The project will be developed in stages, with the first stage being research and literature review focused on hydraulic systems and mechanics in physics, calculations, and dimensioning of the parts that compose the project. The project will be carried out in the workshops of the institution itself (ETEC Paulino Botelho), where the raw materials and system components will be provided by the students involved in this project. Finally, we will have the analysis of the results of the pantographic table and the work as a whole.

Keywords: Pantographic Table; Pascal's Principle; Hydraulic Systems; Fluid Mechanics.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Planilha de Custos do Projeto.....	15
FIGURA 2 - Fórmula da Lei de Pascal.....	16
FIGURA 3 - Partes do Macaco Hidráulico do Tipo Jacaré.....	18
FIGURA 4 - Centro de Massa do retângulo.....	19
FIGURA 5 - Exemplos de Forças Resultantes.....	22
FIGURA 6 - Fórmula de Pascal.....	23
FIGURA 7 - Ilustração das forças atuantes na superfície da mesa.....	27
FIGURA 8 - Barras Adquiridas.....	29
FIGURA 9 - Limpeza de ferrugem nas barras.....	29
FIGURA 10 - Corte das extremidades das barras em 45 graus.....	30
FIGURA 11 - Soldagem das extremidades das barras.....	30
FIGURA 12 - Dimensionamento das dobradiças.....	31
FIGURA 13 - Corte das dobradiças.....	31
FIGURA 14 - Dobradiças soldadas na Estrutura.....	32
FIGURA 15 - Corte e fixação das barras nas dobradiças.....	32
FIGURA 16 - Barras soldadas nas Estruturas.....	33
FIGURA 17 - Roldanas, arruelas e haste.....	33
FIGURA 18 - Roldanas.....	34
FIGURA 19 - Barras utilizadas como trilhos.....	34
FIGURA 20 - Barras dos trilhos soldadas nas Estruturas.....	35
FIGURA 21 - Chapa rebitada na superfície da mesa.....	35
FIGURA 22 - Rebites usados.....	36
FIGURA 23 - Primeira pintura na mesa.....	36
FIGURA 24 - Parafusos Auto Brocante.....	37
FIGURA 25 - Rodízios de Silicone.....	37
FIGURA 26 - Mesa após a instalação dos rodízios.....	38
FIGURA 27 - Soldagem de uma barra no macaco hidráulico.....	38
FIGURA 28 - Roldana para a barra do macaco hidráulico.....	39
FIGURA 29 - Barra escolhida para ser o trilho inferior da mesa.....	39
FIGURA 30 - Roldana fixada no trilho inferior da mesa.....	40
FIGURA 31 - Barras de suporte ao macaco hidráulico.....	40
FIGURA 32 - Estrutura de suporte ao macaco hidráulico.....	41
FIGURA 33 - Mesa finalizada.....	41

FIGURA 34 - Testes realizados na mesa.....42

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS

MRU – Movimento Retilíneo Uniforme

m – Metro

mm – Milímetro

cm - Centímetro

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

Kg – Quilograma

MEC - Uma das empresas pioneiras na construção de mesas pantográficas

km - quilômetro

s - segundo

h - hora

π - número de PI é uma constante de valor 3,14159

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVO.....	14
2.	METODOLOGIA.....	15
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	HIDRAÚLICA.....	16
3.1.1	Princípio de Pascal no Macaco Hidráulico do tipo Jacaré.....	18
3.2.	CENTRO DE MASSA.....	19
3.3.	PRINCÍPIO DE INÉRCIA.....	20
3.4.	TERCEIRA LEI DE NEWTON.....	21
3.5.	FORÇAS RESULTANTES.....	22
4.	CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO.....	23
5.	CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31
6.	CONCLUSÃO.....	45
6.	REFERÊNCIAS.....	46

INTRODUÇÃO

A primeira aparição de algum sistema semelhante a atual mesa pantográfica ocorreu em 1920 durante o início da automação introduzida pelo fornecedor industrial automotivo Jervis B. Webb Corporation. Seu projeto também era bem simples e mais eficiente que os antigos elevadores de tesoura. Mesmo Larson tendo sua patente aprovada em 1966, ele não é aceito como o verdadeiro inventor do elevador de tesoura. John W. Parker, da Califórnia, tem esse feito atribuído a si e deu início a um novo tempo aos equipamentos de elevação.

A empresa MEC lançou seus primeiros protótipos em meio de 1970 a 1976 e foi fundamental no sistema de proteção das mesas de elevação do tipo tesoura.

A Custom Equipment é uma oficina de soldagem e reparo fundada em 1981, que entrou no comércio de elevadores de tesoura em 2004 com sua linha de elevadores Hy-Brid com sistema híbrido de funcionamento. Esses maquinários elétricos de acionamento e direção se mostraram mais eficientes no local de trabalho e de forma rápida se tornaram padrão na indústria.

A mesa pantográfica hidráulica é uma aplicação do Princípio de Pascal que é uma lei da hidráulica formulada em 1653 por Blaise Pascal (Físico e Filósofo Francês). Na qual afirma que uma pressão exercida sobre um ponto de um fluido em equilíbrio é distribuída de forma proporcional.

O princípio de funcionamento do nosso projeto se assemelha ao macaco hidráulico. O qual funciona por meio do princípio de pascal para erguer objetos conforme uma força é exercida sobre a superfície da mesa e a impulsiona para cima.

O nosso trabalho é composto pelas seguintes etapas: Referencial teórico onde serão abordados os principais conceitos desenvolvidos ao longo do nosso planejamento.

Realização de cálculos para dimensionamento das partes que compõem a mesa pantográfica.

Desenvolvimento do trabalho mostrando etapa por etapa da sua construção e análise dos resultados obtidos.

Cada etapa vai ser organizada e dividida, gerando o nosso trabalho em questão.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação do Princípio de Pascal e outras leis da física de modo a ser visível sua relevância no cotidiano da área da mecânica, aplicando este princípio em um projeto de uma mesa pantográfica. O princípio de Pascal se baseia no conceito de que a pressão aplicado sobre um fluido estático é distribuída de forma igual em todos os pontos de um recipiente, e com este conceito será implementado no projeto, a qual se destina a construção de uma mesa pantográfica com fins de ensino didático.

2. METODOLOGIA

No projeto de TCC deste grupo, começamos com análises bibliográficas sobre a teoria a ser aplicada neste projeto e, a partir disso, realizamos os cálculos necessários ao projeto.

No processo de construção da mesa pantográfica, iniciamos com a obtenção de todo material necessário para a sua fabricação, tais como barras de aço, parafusos, porcas, arruelas, chapa de aço, tinta para o acabamento, rodízios de silicone, rebites, dobradiças, pinos de aço e o macaco hidráulico. A figura abaixo ilustra a planilha de custos dos itens do projeto.

Item	Quantidade	Valor	Total
Barras de aço 1mx20mm	7	R\$ 38,00	R\$ 38,00
Barras de aço 500mmx20mm	4	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Parafusos 6mm	6	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Parafusos Auto Brocante 4mm	15	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Porcas 6mm	10	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Arruelas 6mm	6	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Rondanas de Poliacetal 4mm	2	Gratuito	Gratuito
Rondanas de Poliacetal 6mm	2	Gratuito	Gratuito
Chapa de Aço	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Tinta Spray Preto Fosco	2	R\$ 36,00	R\$ 36,00
Rodizio de Acrilico	4	R\$ 78,00	R\$ 78,00
Pinos de Aço	4	Gratuito	Gratuito
Macaco Hidraulico	1	Gratuito	Gratuito
Chapa de metal 50x100cm	8	Gratuito	Gratuito
Rondana de aço 21mm	1	Gratuito	Gratuito
Rebites 6mm	32	R\$ 5,00	R\$ 5,00
			R\$ 222,00

FIGURA 1 - Planilha de Custos do Projeto

A partir da aquisição dos materiais acima mencionados, começou a fazer o corte das barras nas dimensões de acordo com o projeto, feito o corte foi aplicado abrasivos nas barras para remover oxidações superficiais e a seguir foram soldadas as pontas das barras para obter uma base quadrada. Após isso, realizamos alguns cortes nas extremidades das barras de modo a ser possível uni-las formando um retângulo. Este procedimento foi repetido duas vezes para obter outra base quadrada da mesa pantográfica. A seguir, foi realizado um corte numa pequena chapa de aço para obter as dobradiças nos cantos das bases quadradas. Nessa operação houve o procedimento de furação que utilizou brocas de 6mm de diâmetro

e foi realizado o processo de soldagem das dobradiças nas marcações específicas do projeto. Após a soldagem, foi executado o dimensionamento e o corte das barras centrais e com o auxílio de porcas, parafusos e arruelas, foram fixadas nas dobradiças. A seguir foi feito o corte e solda de algumas barras nos quadros para melhorar a sustentação da mesa. Após isso, foram usinados alguns rolamentos que posteriormente seriam utilizados na mesa pantográfica. Assim, foi fixada a chapa de aço na estrutura por meio de rebites e o projeto recebeu a pintura inicial. Por fim, foi realizado algumas modificações no macaco hidráulico com a criação de uma estrutura de suporte para o mesmo. Desse modo, foram realizados alguns testes de elevação e o acabamento final.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Em nosso referencial teórico será abordado algumas leis e conceitos da mecânica que ocorrem e podem ser aplicados na mesa pantográfica. Cabe ressaltar que esse projeto possui o objetivo de apresentar a relevância do Princípio de Pascal e de outros conceitos na mecânica, e tendo isso sob perspectiva compreende-se que a mesa pantográfica será de uso didático, como meio de demonstrar a aplicação de todos os conceitos observados no referencial teórico.

3.1 HIDRÁULICA

A hidráulica é uma área da física na qual estuda as características físicas dos fluidos, seja em repouso ou se movimentando. Os estudos da hidráulica podem ser divididos em três partes: Hidrostática em que é estudado o comportamento do fluido em repouso, Hidrocinética que visa compreender os líquidos em movimento e Hidrodinâmica que ao estudar os fluidos leva em consideração as variáveis que atuam sobre o mesmo.

Blaise Pascal foi uma importante pessoa para área da Física na área hidráulica, formulando diversas leis que regem a maior parte desse campo de estudo.

Segundo o Princípio de Pascal a pressão aplicada sobre um fluido em equilíbrio é distribuída de forma igual sobre todas as suas partes e seu recipiente.

A pressão é compreendida como a razão entre a força exercida e a área de aplicação.

Onde:

$$P = \frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

FIGURA 2- Fórmula da Lei de Pascal

P= pressão exercida sobre o fluido

F1= força exercida sobre o primeiro fluido

F2= força exercida sobre o segundo fluido

A1= área de contato do primeiro fluido

A_2 = área de contato do segundo fluido

Cabe ressaltar que se temos um pistão relacionado a outro de área dez vezes maior, a força exercida no fluido do segundo pistão será diretamente proporcional à força do primeiro pistão.

3.1.1 Princípio de Pascal no Macaco Hidráulico do tipo Jacaré

O macaco hidráulico jacaré foi utilizado no projeto como sistema de elevação. Esse sistema hidráulico em seu interior é composto pelas partes exibidas na figura abaixo. Sendo que os êmbolos podem ser denominados também como pistão injetor (o pistão menor) e pistão central (o pistão maior). Conforme a alavanca é erguida a válvula comprime a mola e o líquido do reservatório ocupa o espaço onde o pistão menor estava, quando a alavanca retorna realizando força no líquido uma das válvulas muda de posição liberando a passagem do fluido para o pistão central. Quando o pistão central sofre a força vinda da pressão do líquido ele ergue a base de apoio, que por conseguinte ergue os braços de movimentação. O Princípio de Pascal ocorre no reservatório conforme o líquido é liberado pela válvula com o primeiro movimento da alavanca e ocupa o lugar do pistão injetor. Após isso, quando ocorre o segundo movimento em que a força da alavanca, realiza uma força no pistão central. Assim, a pressão que ocorre no sistema será igual a relação entre a área dos pistões e a força exercida.

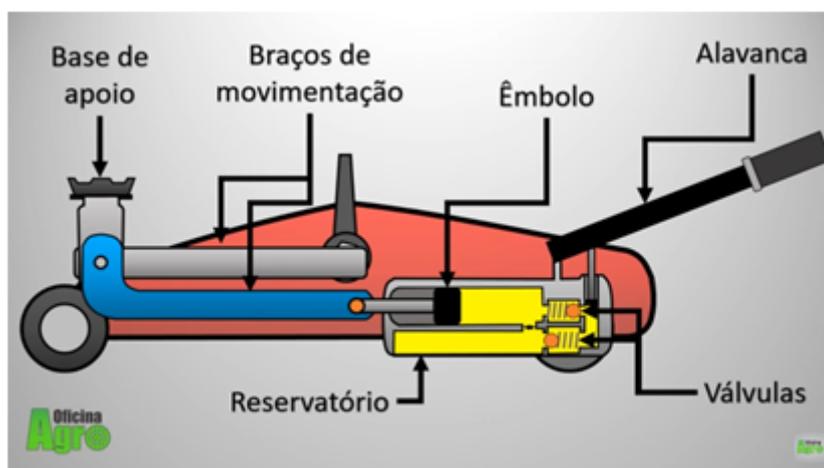


FIGURA 3 – Partes do Macaco Hidráulico do Tipo Jacaré

3.2 CENTRO DE MASSA

O centro de massa é o ponto em que toda a massa do sistema se concentra e que se movimenta como se todas as forças exteriores que atuam sobre esse corpo estivessem sendo aplicadas nesse ponto. Como temos um corpo com dimensões pequenas se comparada a terra, temos que o seu centro de massa e o seu centro de gravidade(CG) coincidem.

Para se calcular o CG depende-se da distribuição da massa do corpo. O objeto sendo homogêneo, o seu CG irá coincidir com o seu centro geométrico.

Centro de Massa de Figuras Planas

No cálculo do centro de massa em figuras planas, temos o seguinte enunciado:

"O centro de massa de uma figura plana homogênea localiza-se sobre o seu eixo de simetria. Se o corpo possui dois eixos de simetria, o centro de massa estará na intersecção entre os eixos."(TEIXEIRA, 2023)

Em nossas barras retangulares e na chapa de aço, iremos calcular o seu determinado centro de gravidade, sabendo-se que o CG de um retângulo fica sobre os eixos de simetria que dividem ao meio a altura e a base. Tendo isso em vista, basta somente dividir a altura e a base por dois.

Em que:

B=Base

h=altura

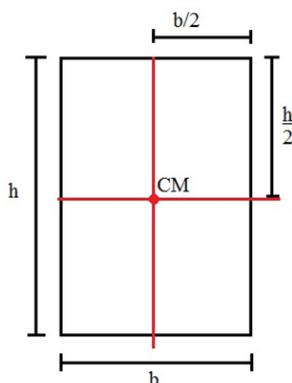


FIGURA 4 – Centro de Massa do Retângulo

3.3 PRINCÍPIO DA INÉRCIA

A inércia é a propriedade que faz com que qualquer corpo permaneça parado ou em movimento retilíneo uniforme (MRU), a menos que ocorra alguma força sobre ele. Desse modo, Isaac Newton formulou a seguinte lei:

"Um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento."(SÓ FISÍCA, 2023)

A inércia também é uma propriedade de todo e qualquer corpo que se relaciona a menor ou maior variação de velocidade quando alguma força é exercida sobre ele. A velocidade é dada pela razão entre a variação de deslocamento pela variação de tempo. Essa variação de velocidade está relacionada com a distribuição da massa durante o movimento, que altera a inércia de movimento.

Ademais, a inércia de qualquer corpo permite com que ele se mova em MRU do momento em que as forças resultantes que atuam sobre ele sejam nulas, independente do movimento anterior.

A inércia no projeto da mesa pantográfica inicia no movimento de elevação. Quando o sistema hidráulico gera uma força na mesa, gerando uma aceleração positiva, em seguida é uma aceleração negativa, assim, teremos a inércia na mesa. .

3.4 TERCEIRA LEI DE NEWTON

A terceira lei de Newton determina que toda força de ação irá resultar em uma força de uma reação, sendo que a força de reação terá o mesmo módulo e direção, porém sentido oposto a força de ação. No nosso projeto, a terceira lei de Newton se aplica para determinar a força exercida pelo macaco hidráulico na superfície da mesa pantográfica, com base em uma força peso de 20 kg.

A terceira lei de Newton pode ser enunciada como:

“Quando um corpo exerce uma força sobre outro corpo, simultaneamente este outro reage sobre o primeiro aplicando-lhe uma força de mesma intensidade, mesma direção mas sentido contrário.”(BOCAFOLI, 2023)

3.5 FORÇAS RESULTANTES

A força resultante é o resultado da soma de todas as forças exercidas em um objeto, como exibido na figura abaixo. No exemplo temos duas forças sendo exercidas em um objeto, sendo as duas forças no mesmo sentido e direção, a força resultante neste caso será igual a $F_1 + F_2$.

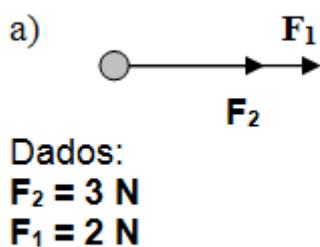


FIGURA 5 – Exemplo de Forças Resultantes

Sabendo-se que toda força é uma grandeza vetorial, devemos considerar seu sentido e direção durante os cálculos. Assim, em nosso projeto será calculado a força resultante que ocorre na mesa.

4. CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO

Princípio de Pascal no macaco hidráulico

Sabendo-se que a fórmula de Pascal determina que a Pressão(P) é igual a força (F1) do primeiro pistão dividido pela área do primeiro pistão (A1) é proporcional a força (F2) do segundo pistão dividido pela área do segundo pistão (A2), como exibido na figura abaixo.

$$P = \frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

FIGURA 6 - Fórmula de Pascal

Calculando a área do pistão injetor (A1) que possui um diâmetro de aproximadamente 22mm que equivale a um raio de 11mm.

$$\text{Área 1} = \pi \cdot \text{Raio}^2$$

$$A1 = 3,14159 \cdot 11^2$$

$$A1 = 3,14159 \cdot 121$$

$$A1 = 380,132 \text{ mm}^2$$

$$A1 = 0,0004 \text{ m}^2$$

Calculando a área do pistão central (A2) que possui um diâmetro de aproximadamente 50 mm que equivale a um raio de 25mm.

$$\text{Área 2} = \pi \cdot \text{Raio}^2$$

$$A2 = 3,14159 \cdot 25^2$$

$$A2 = 3,14159 \cdot 625$$

$$A2 = 1963,49375 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 0,002 \text{ m}^2$$

A força F1 será uma força de 4 kg, convertendo para Newton temos 40 N. O objeto será acoplado na alavanca como um acessório de modo a dimensionar a força utilizada, desprezando a força manual que será usada para movimentar a alavanca. Desse modo, iremos calcular a F2 por meio da fórmula.

Onde:

$$F1 = 40 \text{ N}$$

$$A1 = 0,0004 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,002\text{m}^2$$

$$F1/A1 = F2/A2$$

$$40/ 0,0004 = F2/0,002$$

$$100000 \cdot 0,002 = F2$$

$$F2 = 200 \text{ N}$$

Por fim iremos calcular a pressão dentro do reservatório.

$$P = F1/A1$$

$$P = 40/ 0,0004$$

$$P = 100000 \text{ N/m}^2$$

Cálculo do centro de massa das barras

Sabendo que sete barras retangulares utilizadas possuem 1000 mm de comprimento e 20 mm de base, calculamos seu centro de massa do seguinte modo: Dividindo a base(B) das barras e seu comprimento(C) por dois, assim obteremos seu CG.

$$B = 20\text{mm}/2$$

$$B = 10\text{mm}$$

$$C = 1000\text{mm}/500$$

$$C = 500\text{mm}$$

Nas 4 barras que possuem 500mm de comprimento e 20mm de base, faremos seu cálculo sob a mesma perspectiva da anterior.

$$B = 20\text{mm}/2$$

$$B = 10\text{mm}$$

$$C = 500\text{mm}/2$$

$$C = 250\text{mm}$$

Nas 6 barras que tem aproximadamente 460 mm de comprimento e 20mm de base, seguiremos o procedimento usado nas outras barras.

$$B = 20\text{mm}/2$$

$$B = 10\text{mm}$$

$$C = 460\text{ mm}/2$$

$$C = 230\text{mm}$$

Na chapa de aço que possui 1000mm de comprimento e 500mm de base também será realizado o cálculo do seu centro de massa.

$$B = 500\text{mm}/2$$

$$B = 250\text{mm}$$

$$C = 1000\text{mm}/2$$

$$C = 500\text{mm}$$

Cálculo de Velocidade Média

Na variação de deslocamento(ΔS) temos o deslocamento vertical da chapa da mesa durante a elevação, saindo do ponto inicial 0 cm até 70 cm, convertendo para metros temos 0,7m. Na variação de tempo(ΔT) temos que a chapa levou 40 segundos para chegar na altura máxima de 0,7m. Todos esses dados foram conseguidos por meio de uma série de testes de elevação da mesa com diferentes pesos entre 10kg e 50kg.

Substituindo na fórmula da velocidade média:

$$V = \Delta S / \Delta T$$

$$V = 0,7\text{m} / 40\text{s}$$

$$V = 0,0175 \text{ m/s}$$

Desse modo, foi obtido o valor da velocidade média de 0,0175 m/s.

Cálculo da força exercida pelo macaco hidráulico

Será calculado a força que o macaco hidráulico exerce sobre a mesa, com base na terceira lei de Newton, que determina a ação e reação, desse modo, quando aplicarmos a força peso(F_1) de 20kg isso resultará em uma força(F_2) de mesmo módulo, direção e sentido oposto a F_1 como exibido na figura abaixo.

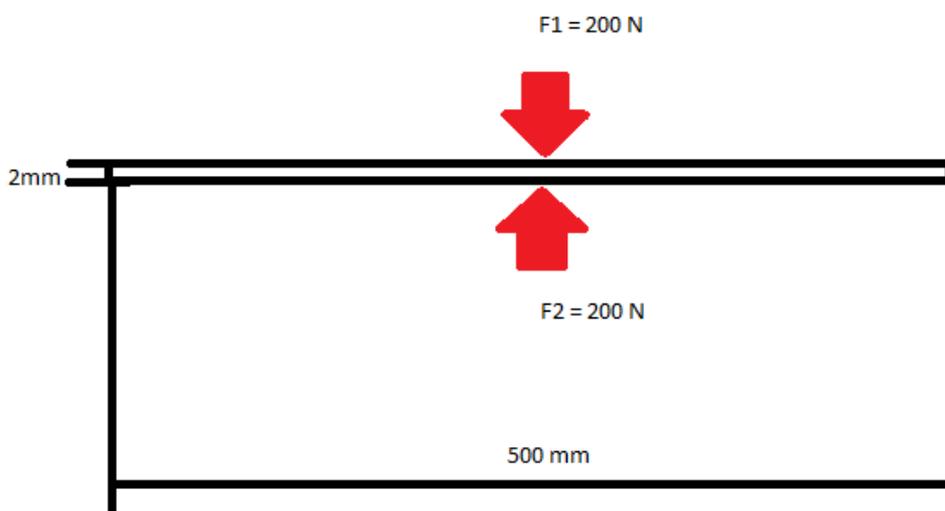


FIGURA 7 - Ilustração das forças atuantes na superfície da mesa

Desse modo, sabendo que ela possui um peso de 20 kg, convertendo para Newton, teremos 200 N. Assim, teremos que a força exercida pelo macaco hidráulico é de 200 N

Força Resultante que atua na superfície da mesa

Calcularemos a força resultante(F_r) que atua na superfície da mesa por meio da somatória das forças que atuam na mesma. Sabendo-se que a superfície sofre a ação de duas forças calculadas anteriormente, a força peso F_1 de 200 N e a força exercida pelo macaco hidráulico F_2 de 200 N, desprezando a gravidade e o peso da estrutura da mesa, e tendo em vista que a força F_2 é de sentido oposto a F_1 .

Assim, temos:

$$F_r = F_1 - F_2$$

$$F_r = 200 - 200$$

$$F_r = 0 \text{ N}$$

Desse modo, a força resultante que atua na mesa é 0, pois a mesa está em equilíbrio estático, assim as forças se anulam.

5. CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira etapa no processo de construção da mesa pantográfica foi adquirir todo o material do projeto. Assim, foram adquiridas oito barras de 1000mm e quatro barras de 500mm ambas com 20mm de diâmetro. A seguir, foi realizado o processo de usinagem com a esmerilhadeira Bosch 4,5 " para cortar as barras nas medidas necessárias. Também foi feito o uso de eletrodos para soldar algumas barras.



FIGURA 8 - Barras Adquiridas

Após isso, para uma leve limpeza da oxidação na superfície das barras, foram usadas folhas de lixa de ferro grão 80.



FIGURA 9 - Limpeza de Ferrugem nas Barras

Em seguida foi realizado o dimensionamento das barras, a fim de que as extremidades das barras de 1000mm se fixassem nas barras de 500mm de modo a formar a base da estrutura. Assim, foi feito o corte de 45 graus nas extremidades das barras com o auxílio da esmerilhadeira Bosch 4,5 polegadas.



FIGURA 10 - Corte das Extremidades das Barras em 45 Graus

Com os cortes realizados, foi possível fixar as barras de 1000mm nas barras de 500mm para obter a estrutura base. Para que essa fixação fosse permanente foi utilizado a máquina de soldagem SolMIG White Martins para soldar as extremidades.



FIGURA 11 - Soldagem das Extremidades das Barras

O processo de dimensionar, cortar e soldar as extremidades das barras foi realizado duas vezes, de modo a resultar em duas estruturas.

Depois, foi realizado o corte e dimensionamento das dobradiças que seriam fixadas nas extremidades dos quadros. Com o auxílio de um riscador as marcações de 26mm por 46mm foram determinadas nas barras abaixo. A função dessas dobradiças é o de fixar as barras que unem a estrutura superior à inferior.



FIGURA 12 - Dimensionamento das Dobradiças

Usando novamente a esmerilhadeira Bosch, foi realizado o corte das dobradiças nas medidas.



FIGURA 13 - Corte das Dobradiças

Com o auxílio de uma furadeira elétrica e broca 6 mm, é feito um furo em cada dobradiça na marcação 10mm X 13mm. Novamente com a máquina de solda foi realizada a fixação das dobradiças nos quadros.



FIGURA 14 - Dobradiças Soldadas na Estrutura

No próximo passo, foram necessárias quatro barras de 500mm com 20mm de diâmetro para serem responsáveis pelo procedimento de elevação da mesa. Usando uma furadeira elétrica e uma broca 6mm, foi efetuado um furo em cada extremidade das barras e também no centro das barras, onde na figura abaixo pode se ver os parafusos. Assim, com o auxílio de parafusos, porcas e arruelas fixamos essas barras nas dobradiças.



FIGURA 15 - Corte e fixação das barras nas dobradiças.

Para que os quadros ganhassem mais sustentação na estrutura, quatro barras de 460 mm foram soldadas na posição vertical, duas em cada quadro.

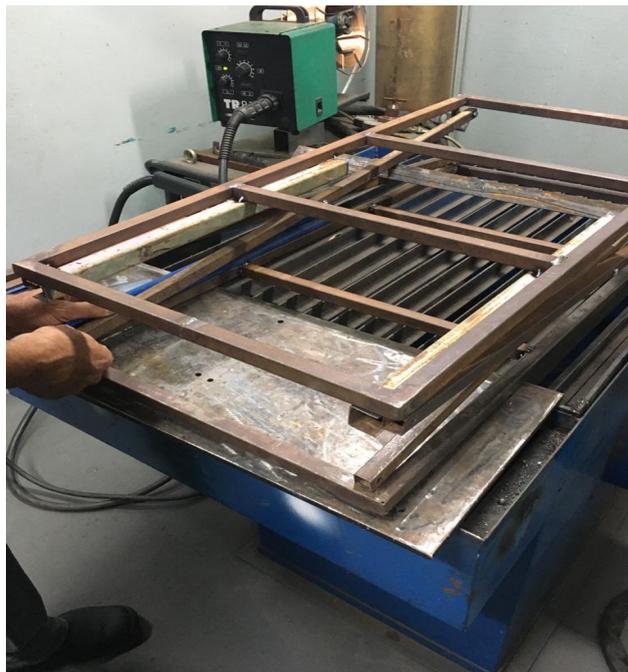


FIGURA 16 - Barras Soldadas nas Estruturas.

Após isso, foi iniciado o processo de dimensionamento dos trilhos e roldanas, no qual a função consiste em permitir que as barras de elevação possam se movimentar sobre a base. Inicialmente foram separados quatro trilhos, quatro roldanas, quatro arruelas e uma haste de metal de 6mm de diâmetro.

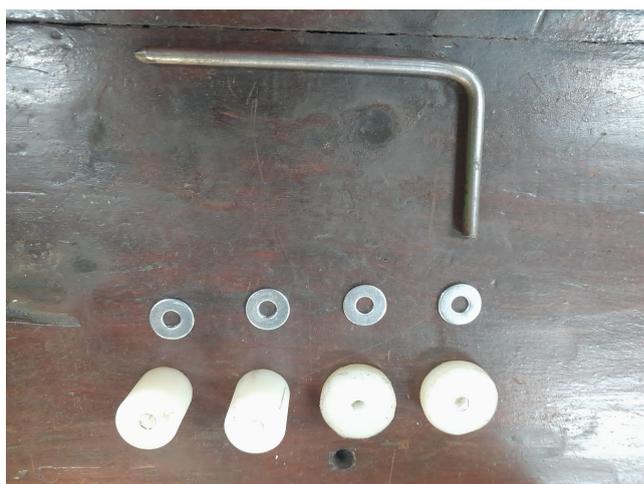


FIGURA 17 - Roldanas, Arruelas e Haste.

Dessa forma, por meio do processo de usinagem feito nas roldanas de poliacetal para chegar nos diâmetros 24mm e 34mm foi feito o furo de centro. Depois, a haste foi cortada em pequenos pinos e com auxílio da máquina de solda utilizada anteriormente foi soldado os pinos nas arruelas. Após isso, foi encaixado a pequena estrutura de aço nas roldanas.



FIGURA 18 - Roldanas.

Com as roldanas feitas, o dimensionamento e fabricação dos trilhos começou. Foram utilizadas quatro barras de aproximadamente 500mm para a construção dos trilhos. A imagem abaixo mostra as barras escolhidas.



FIGURA 19 - Barras Utilizadas como Trilhos

As barras foram cortadas com o auxílio novamente da esmerilhadeira na medida de 500mm. A seguir, o procedimento de fixação dos trilhos nos quadros de aço por meio de soldagem com a solda MIG foi realizado. A soldagem ocorreu na parte externa e interna dos trilhos.



FIGURA 20 - Barras dos Trilhos Soldadas nas Estruturas.

Desse modo, foi possível que as roldanas fossem encaixadas nos trilhos. Logo após, foram soldadas duas barras de aproximadamente 410 mm e 490mm entre as barras de elevação, para auxiliar o apoio do macaco hidráulico que virá a ser colocado posteriormente.

Uma chapa de aço de 500mm X 1000mm com diâmetro de 2mm foi escolhida para servir de cobertura da mesa. A chapa foi fixada na estrutura com 35 rebites.



FIGURA 21 - Chapa Rebitada na Superfície da Mesa



FIGURA 22 - Rebites Usados

Após isso, foi realizada a primeira pintura na estrutura com a tinta spray geral Chemicolor na cor preto fosco.



FIGURA 23 - Primeira Pintura na Mesa

Após essa primeira pintura, foi realizada a instalação dos rodízios de silicone no quadro inferior para realizar o deslocamento da mesa. No procedimento de fixação dos rodízios foram utilizados doze parafusos auto brocantes.



FIGURA 24 - Parafusos Auto Brocante



FIGURA 25 - Rodízios de Silicone

A imagem abaixo mostra a mesa após a instalação das rodinhas.



FIGURA 26 - Mesa Após a Instalação dos Rodízios.

Além disso, para que possamos utilizar o macaco hidráulico do tipo jacaré para a elevação da mesa, foram realizadas algumas alterações no macaco hidráulico. Foi realizado o processo de soldagem por meio de eletrodos de uma barra de 600 mm na parte superior do macaco hidráulico.



FIGURA 27 - Soldagem de Uma Barra no Macaco Hidráulico.

Realizados testes iniciais de elevação de peso no projeto, percebemos a necessidade de fixar o macaco hidráulico na estrutura da mesa, para que não haja risco de sofrer algum dano durante a elevação da mesa. Assim, foi realizada a soldagem de uma pequena chapa de aço na parte inferior do macaco hidráulico.

A seguir, foi usinado uma roldana com diâmetro de 21 mm com furo de centro com 10mm de diâmetro, cortamos uma haste de 7 mm e uma pequena placa de aço de 70,8 mm com o auxílio da esmerilhadeira, esse rolamento será fixado na extremidade da barra soldada no macaco hidráulico, que posteriormente irá encaixar em um trilho na parte inferior da chapa da mesa. Com o uso da soldagem por eletrodo, fixamos o rolamento nas extremidades da barra que está no macaco hidráulico.



FIGURA 28 - Roldana Para a Barra do Macaco Hidráulico.



FIGURA 29 - Barra Escolhida Para Ser o Trilho Inferior da Mesa.



FIGURA 30 - Roldana Fixada no Trilho Inferior da Mesa.

Nesta etapa, foi construído uma estrutura de apoio ao macaco hidráulico, com objetivo de não permitir que a mesa venha a cair subitamente sobre o macaco hidráulico. Assim, quatro barras de aço com 150 mm e diâmetro de 20 mm foram soldadas a uma distância de 50,8 mm das dobradiças, conforme a figura 33.

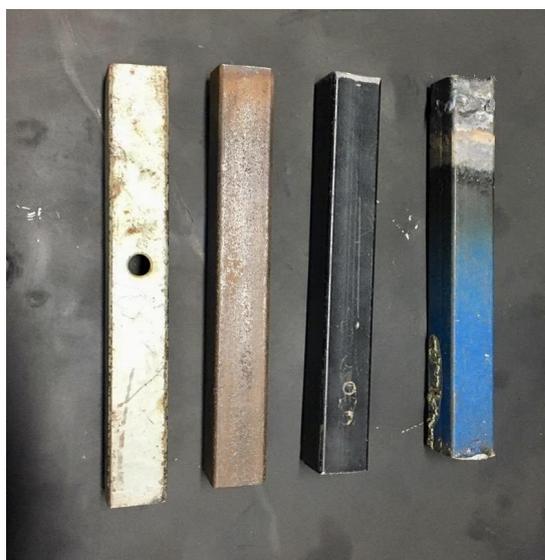


FIGURA 31 - Barras de Suporte ao Macaco Hidráulico



FIGURA 32 - Estrutura de Suporte ao Macaco Hidráulico

Ademais, finalizamos o projeto com o acabamento necessário, usando uma lima para retirar algumas rebarbas de solda, logo após fez-se a aplicação da pintura na mesa com a tinta spray geral Chemicolor, cor preto fosco.

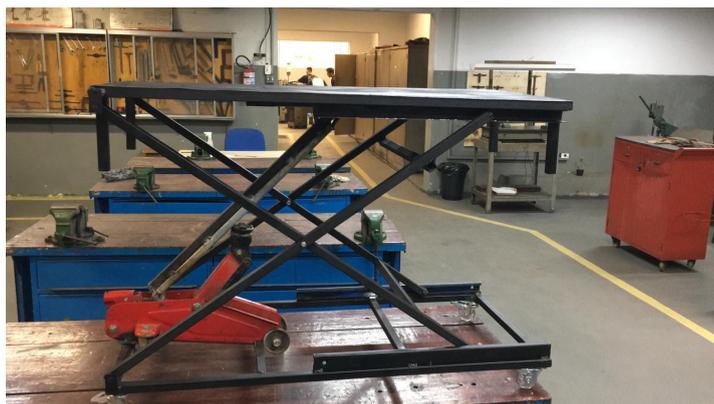


FIGURA 33 - Mesa Finalizada

Foram realizados alguns testes, levantando diferentes pesos de 20 kg a 50kg, com esse peso a mesa conseguiu se elevar até 700mm. Desse modo, garantimos que a mesa pode erguer até 50kg. Esse processo de elevação levou aproximadamente um tempo de 40 segundos.



FIGURA 34 - Testes Realizados na Mesa

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que por meio do conhecimento adquirido ao longo do curso técnico em Mecânica, pesquisas e estudos dedicados ao projeto conseguimos confeccionar uma mesa pantográfica. Durante o processo de fabricação do projeto, foi realizada a aplicação dos conceitos teóricos abordados no trabalho e percebemos a sua importância na mecânica. Desse modo, conseguimos alcançar o objetivo estabelecido no início do projeto, que consiste em demonstrar a relevância de tais conceitos na mecânica por meio da construção da mesa pantográfica. Cabe salientar que foi por meio da dedicação e a colaboração de todos que conseguimos realizar nossos objetivos no trabalho.

REFERÊNCIAS

Custom Equipment, LLC. The History of Scissor Lifts. **Hy-Brid Lifts**. Disponível em: <https://www.hybridlifts.com/ansi/GoHyer/2021/History-of-Scissor-Lifts.htm>. Acesso em 20 de fevereiro de 2023.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. Centro de massa. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/centro-massa.htm>. Acesso em: 03 de março de 2023.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. Centro de gravidade (CG). **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/centro-gravidade-cg.htm>. Acesso em: 03 de março de 2023.

TANAKA, Hugo Shigueo. Força resultante. **Todo Estudo**. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/forca-resultante>. Acesso em: 16 de Abril de 2023.

OLIVEIRA, Ivânia de. KENICHI, José Kenichi. Centro de Massa. **Leis de Conservação**. Disponível em: <https://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/centro-de-massa/>. Acesso em: 03 de março de 2023.

Leis de Newton. **Só Física. Virtuoso Tecnologia da Informação**. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Dinamica/leisdenewton.php>, 2023. Acesso em: 03 de março de 2023.

ASTH, Rafael C. Terceira Lei de Newton. **Toda Matéria**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/terceira-lei-de-newton/>. Acesso em: 5 de abril de 2023.

HELERBROCK, Rafael. Terceira lei de Newton. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>. Acesso em 21 de abril de 2023.

BONJORNÓ, José R. BONJORNÓ, Regina Azenha. BONJORNÓ, Valter. RAMOS, Clinton Marcico. Física Fundamental. Editora FTD, 1993.

