



ESCOLA SALESIANA SÃO JOSÉ
CENTRO PROFISSIONAL DOM BOSCO - CPDB

Gabriel Ferreira Pereira
Leonardo Hiroshi Takinami de Carvalho
Miguel Cau Gratão Mangolin

**MESA PANTOGRÁFICA MÓVEL:
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA MITIGAÇÃO DE DOENÇAS
OCUPACIONAIS NA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA**

CAMPINAS
2024

Gabriel Ferreira Pereira
Leonardo Hiroshi Takinami de Carvalho
Miguel Cau Gratão Mangolin

**MESA PANTOGRÁFICA MÓVEL:
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA MITIGAÇÃO DE DOENÇAS
OCUPACIONAIS NA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA**

Relatório referente ao Projeto de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Profissional Dom Bosco da Escola Salesiana São José, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Técnico em Fabricação Mecânica.

Orientador: Nelson Coutinho
Coorientador: Camila Furlan

CAMPINAS
2024

Dedicamos este trabalho à nossa família, pelo apoio incondicional, e aos nossos amigos, por estarem sempre ao nosso lado. Agradecemos especialmente aos nossos pais, por todo amor e ensinamentos, e aos professores, cuja sabedoria nos inspirou a continuar.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar a mais sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Agradecemos primeiramente aos nossos orientadores, cujas orientações e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Agradecemos também à nossa família, pelo apoio incondicional ao longo dessa jornada acadêmica, e aos nossos colegas, por todas as trocas de ideias e momentos de incentivo. Aos professores do Centro Profissional Dom Bosco (CPDB) da Escola Salesiana São José (ESSJ), pela dedicação e compartilhamento de conhecimento, e a todos os participantes da pesquisa, que gentilmente dedicaram seu tempo e contribuíram para os resultados deste trabalho, nosso muito obrigado!

*“A excelência não é um ato, mas um
hábito”.*

Aristóteles

RESUMO

O projeto visa desenvolver uma mesa pantográfica móvel de baixo custo, buscando auxiliar na mitigação de doenças ocupacionais, principalmente as LERs (Lesões por Esforços Repetitivos), na indústria metalomecânica. A mesa, construída em três partes (inferior, central e superior), utiliza um sistema de elevação em tesoura que facilita o transporte de materiais pesados, reduzindo o esforço físico dos trabalhadores. A escolha de materiais de baixo custo e o sistema de elevação em tesoura com união não permanente tornam a mesa acessível para empresas de pequeno e médio porte, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A pesquisa também aborda a importância da ergonomia e da segurança no trabalho, buscando atender às normas e regulamentações (NRs) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-Chave: Mesa Pantográfica, Ergonomia, Doenças Ocupacionais

ABSTRACT

The project aims to develop a low-cost mobile pantograph table to help mitigate occupational illnesses, especially RSI (Repetitive Strain Injury), in the metalworking industry. The table, built in three parts (bottom, middle and top), uses a scissor lift system that makes it easier to transport heavy materials, reducing the physical strain on workers. The choice of low-cost materials and the scissor lift system with a non-permanent joint make the table accessible to small and medium-sized companies, promoting a safer and healthier working environment. The research also addresses the importance of ergonomics and safety at work, seeking to comply with standards and regulations (NRs) and the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Pantographic table, Ergonomics, Occupational illnesses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Arruela Lisa 12mm.....	13
Figura 2: Fuso Roscado $\frac{3}{4}$ ".....	13
Figura 3: Metalon 15x15 mm	14
Figura 4: Parafuso Sextavado Rosca Parcial.....	14
Figura 5: Porca simples $\frac{3}{4}$ "	15
Figura 6: Rodízio de Poliuretano	15
Figura 7: Rolamento rígido de esferas	16
Figura 8: Tubo galvanizado $\frac{3}{4}$ "	16
Figura 9: Barra Chata.....	17
Figura 10: Barra Quadrada	18
Figura 11: Chapa 14.....	19
Figura 12: Rebite \varnothing 3mm.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto	25
Tabela 2 - Planilha de custos da maquete	26

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CPDB – Centro Profissional Dom Bosco;

EPI – Equipamento de Segurança Pessoal;

LER/Dort – Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho;

NBR – Normas Brasileiras Regulamentadoras;

NR – Norma Regulamentadora;

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Ø – Diâmetro;

% – Porcento;

R\$ – Moeda (Real brasileiro);

1" – Polegada (Unidade de medida de distância norte-americano);

cm – Centímetro (Unidade de medida de distância);

mm – Milímetro (Unidade de medida de distância);

Mpa – Megapascal (Unidade de medida de pressão);

kg – Quilograma (Unidade de medida de peso).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVA	9
3. OBJETIVOS	11
3.1. Objetivo Geral.....	11
3.2. Objetivos Específicos.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
4.1. MÉTODO DE ENGENHARIA APLICADO AO PROJETO.....	12
4.2. MATERIAIS	13
4.2.1. Arruela lisa 12mm	13
4.2.2. Fuso Roscado ¾”	13
4.2.3. Metalon 15x15 mm.....	14
4.2.4. Parafuso Sextavado Rosca Parcial MB M12x70, 60 & 50mm.....	14
4.2.5. Porca Simples ¾”	15
4.2.6. Rodízio de Poliuretano (PU)	15
4.2.7. Rolamento Rígido de Esferas.....	16
4.2.8. Tubo Galvanizado ¾”	16
4.3. MÉTODOS DA MAQUETE	17
4.4. MATERIAIS DA MAQUETE	17
4.4.1. Barra Chata de Aço Carbono Laminada 1/2” x 1/8” x 150cm comprimento 17	
4.4.2. Barra Quadrada Aço Carbono Trefliada 3/8” x 150cm comprimento ...	18
4.4.3. Chapa 14 de Aço Laminado 1020 20mm x 10mm Esp. 2mm	18
4.4.4. Rebite Ø3mm x 10mm comprimento.....	19
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
5.1. Ergonomia	20
5.1.1. Conceito e Impacto nas Lesões Ocupacionais	21

5.2. Características dos Materiais.....	22
5.2.1. Classe de Resistência do Material de um Parafuso	23
6. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO.....	25
6.1. PLANILHA DE CUSTOS DA MAQUETE	26
7. RESULTADOS OBTIDOS	27
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A indústria metalomecânica enfrenta desafios significativos relacionados à saúde ocupacional e à produtividade dos trabalhadores. Este trabalho apresenta um projeto voltado para a mitigação desses problemas, buscando soluções acessíveis e eficazes, em conformidade com as Normas Regulamentadoras (NRs), como a NR-17 Ergonomia, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o Objetivo 3 de Saúde e Bem-Estar.

Considerando a necessidade de melhorar as condições de trabalho, destacamos a importância de abordagens ergonômicas para reduzir a carga física sobre os trabalhadores e prevenir lesões ocupacionais. Como solução, propomos o desenvolvimento de uma mesa elevatória pantográfica móvel de baixo custo, fabricada com materiais de qualidade e excelente relação custo-benefício. Essa mesa seria utilizada no transporte seguro de materiais, ferramentas e dispositivos pesados, otimizando as operações diárias nas indústrias metalomecânicas.

Essas soluções visam reduzir a exposição a uma série de fatores de risco que surgem do desequilíbrio entre as exigências da tarefa e as capacidades dos trabalhadores. Entre os principais fatores estão posturas inadequadas, movimentos repetitivos, carga mecânica elevada, vibrações, temperaturas extremas, ruído e a pressão para aumento da produtividade. Esses fatores estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (LER/Dort).

LER/Dort é um problema crescente em todo o mundo, e o Brasil não é exceção. Essas lesões, caracterizadas por dor, parestesia, sensação de peso e fadiga nos membros superiores, são resultado do uso excessivo e da falta de recuperação do sistema musculoesquelético. Além das condições de trabalho, fatores individuais como idade, sexo, tempo de trabalho e escolaridade podem influenciar na probabilidade de desenvolver esses distúrbios.

Para mitigar esses problemas, o projeto proposto busca ir além do cumprimento das NRs, como a NR-17. Ele também atende a outras normas relevantes, como a NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos), a NR-11 (Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais) e a NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual - EPI). A mesa elevatória pantográfica móvel, projetada de acordo com a NR-12, incluirá dispositivos de segurança, como sistemas de parada de

emergência, além de oferecer adequação ergonômica no manuseio de materiais. O uso de EPIs durante o manuseio e transporte da mesa também será incentivado.

Além disso, o projeto está alinhado com outros Objetivos da ODS 17, como o Objetivo 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), o Objetivo 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e o Objetivo 10 (Redução de Desigualdades). Ao trazer soluções inovadoras para melhorar as condições de trabalho nas indústrias metalomecânicas, o projeto visa reduzir o número de acidentes e lesões ocupacionais, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo. Dessa forma, contribui indiretamente para garantir condições de trabalho adequadas e justas a todos os trabalhadores, independentemente de seu cargo ou função.

Embora mesas elevatórias móveis já existam no mercado, seus altos custos as tornam inacessíveis para muitas empresas, especialmente as de pequeno e médio porte. Este trabalho propõe uma solução acessível, que não apenas melhore as condições de trabalho e a segurança dos trabalhadores, mas também contribua para a eficiência e competitividade das empresas do setor metalomecânico.

2. JUSTIFICATIVA

O projeto está inserido na problemática das doenças ocupacionais na indústria metalomecânica, que aborda o carregamento de ferramentas, peças, instrumentos e dispositivos pesados, os quais demandam excesso de esforço para o transporte, podendo causar acidentes desnecessários. Os problemas das doenças ocupacionais estão amplamente enraizados desde os primórdios do que é conhecido como o "ambiente de trabalho", juntamente com os avanços da tecnologia que auxiliam na mitigação e automação de processos considerados ameaçadores para a vida humana no ambiente de trabalho, devido à fatalidade e ao risco.

Ocorrem anualmente 317 milhões de acidentes de trabalho em todo o mundo. Diariamente, os acidentes e doenças relacionadas ao trabalho produzem 6.300 vítimas fatais, o que significa que 2,3 milhões de trabalhadores morrem em decorrência do trabalho todos os anos. Como acidentes e mortes no âmbito do trabalho podem ser evitados com medidas preventivas e maior segurança, esses números dão uma ideia do tamanho da iniquidade social que caracteriza as relações de trabalho em escala global (OIT, 2000).

As doenças ocupacionais podem ser compreendidas através de análises e contextos, tais como ambiente de trabalho e tarefas desempenhadas. Existem diversas doenças ocupacionais, como as lesões musculoesqueléticas e problemas respiratórios. Este projeto trata especificamente das doenças ocupacionais musculoesqueléticas e doenças relacionadas ao estresse.

As consequências podem variar desde prejuízos na receita da empresa devido à parada de funcionários que auxiliam seus colegas no carregamento de objetos pesados, até perda de produtividade do funcionário devido à fadiga causada, e/ou ausência do trabalhador devido a um acidente, causando ferimentos leves e graves, e em casos extremos, a irreparável perda da vida humana. Além disso, problemas de saúde a médio e longo prazo para o trabalhador e perdas para a empresa, que precisa investir em bons planos de saúde, também são considerações importantes. Isso geraria um impacto negativo no bolso da empresa, além de trazer dores de cabeça.

É de suma importância este estudo e solução, pois evita gargalos que geram menos produtividade na produção, perdas de produção e, acima de tudo, prioriza a vida e o bem-estar humano do proletariado.

A pesquisa traz uma contribuição eficaz para a mitigação do problema de perda de produtividade e bem-estar no trabalho, auxiliando no tempo de locomoção, acessibilidade e segurança.

3. OBJETIVOS

Seção dedicada aos objetivos do projeto.

3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto consiste na construção da mesa pantográfica móvel de baixo-custo.

3.2. Objetivos Específicos

Realizar pesquisas sobre o tema, com foco no processo de construção.

Desenvolver projeções 3D e desenhos em 2D para visualização detalhada do projeto antes da aquisição de materiais.

Construir uma maquete em escala menor para validar o funcionamento do projeto, utilizada para exposições e estudos.

Selecionar e adquirir os materiais necessários para a construção do projeto.

Construir o projeto em três partes distintas: inferior, central e superior, com cada parte sendo responsabilidade de um membro do grupo.

Realizar testes do projeto para avaliar seu funcionamento e desempenho.

Elaborar um Relatório de Pesquisa documentando os resultados dos testes e o processo de desenvolvimento do projeto.

Atualizar a apresentação de slides com as informações relevantes sobre o projeto e os resultados obtidos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Seção dedicada aos materiais utilizados no processo de fabricação, e métodos aplicados ao projeto.

4.1. MÉTODO DE ENGENHARIA APLICADO AO PROJETO

A base da mesa será construída com a união permanente de 4 barras de metalon, soldadas entre si, formando um retângulo de 80cm de comprimento e 45cm de largura. Duas barras de metalon adicionais serão soldadas, uma em cada barra de 80cm, formando o caminho para os rolamentos. Os rodízios giratórios serão parafusados na ponta de cada lado da base, permitindo a mobilidade da mesa.

A parte central, responsável pelo sistema de elevação da plataforma, denominada de elevação tesoura, será composta por 8 barras de metalon furadas nos dois sentidos e um no centro, com um diâmetro de 16mm. Essas barras serão unidas de forma não permanente por meio de parafusos, arruelas e porcas. A fixação de um lado, na base inferior e superior, será realizada por soldagem. Do outro lado, serão utilizados rolamentos de esferas rígidas em cada ponta para permitir a movimentação do sistema.

A parte superior da mesa, onde se encontra o mecanismo de elevação da plataforma, será composta por um fuso roscado, um rolamento axial para giro do fuso, um manípulo para o giro do fuso e uma chapa rebitada para transporte de material. O esqueleto dessa base é constituído em 5 barras de metalon, sendo 4 para formar o mesmo retângulo feito na base inferior. A quinta barra será soldada no centro desse retângulo para fornecer um melhor suporte de carregamento da carga. Na parte do fuso roscado, será necessário realizar um processo de torneamento em uma das extremidades para soldar um tubo que servirá como auxílio para o funcionamento do sistema de elevação da plataforma. Duas barras articuladas serão conectadas ao eixo dos parafusos do sistema de elevação. A primeira barra será soldada em porcas duplas rosqueadas, fazendo a conexão da parte fixa da elevação. A segunda barra articulada será posicionada ao lado oposto da primeira, ou seja, onde ficarão os rolamentos do sistema de elevação tesoura. Esta segunda barra será soldada a um tubo soldado na parte lisa do fuso juntamente com uma porca e o manípulo.

4.2. MATERIAIS

Seção dedicada aos materiais utilizados no processo de fabricação do projeto.

4.2.1. *Arruela lisa 12mm*

A arruela tem a função de evitar o afrouxamento do parafuso, também evitando desgastes e deformações na peça. Arruelas com 12 mm de diâmetro interno e 24 mm de diâmetro externo para atuar junto com os parafusos.

Figura 1: Arruela Lisa 12mm



Fonte: Parafuso Fácil

4.2.2. *Fuso Roscado 3/4"*

O fuso roscado de 3/4" é uma das peças principais do projeto, e o seu funcionamento consiste na sua rotação para elevar a plataforma com o auxílio de um manipulador.

Figura 2: Fuso Roscado 3/4"



Fonte: Icus

4.2.3. Metalon 15x15 mm

O metalon é um aço versátil para a indústria metalúrgica e na área civil. Será utilizado pois por ter um custo aquisitivo interessante. Sendo primordialmente utilizado no esqueleto da mesa. Ou seja, na base inferior da mesa, nas barras da elevação tesoura que elevará a plataforma que, é constituída por uma base superior de metalon também. Assim também, em específico o metalon 15x15mm, terá como propósito um suporte para o rolamento do sistema de elevação tesoura com barras de metalon.

Figura 3: Metalon 15x15 mm



Fonte: Ouroaço

4.2.4. Parafuso Sextavado Rosca Parcial MB M12x70, 60 & 50mm

O parafuso é importante para a união não permanente das barras utilizadas no sistema de elevação tesoura. Tendo 12 mm de diâmetro nominal do parafuso e 70 mm de comprimento (sem contar a cabeça do parafuso). E o parafuso sextavado é utilizado em diversas aplicações desde montagens de máquinas, estruturas metálicas, ou qualquer aplicação que seja necessária a união de peças desmontáveis.

Figura 4: Parafuso Sextavado Rosca Parcial



Fonte: Parafuso Fácil

4.2.5. **Porca Simples $\frac{3}{4}$ "**

As porcas simples são elementos de fixação que atuam junto com o parafuso para fixar uma peça. Portanto, no projeto não só será utilizado a porca simples como também será usado porcas duplas de $\frac{3}{4}$ " que, serão roscadas no fuso roscado auxiliando no sistema elevatório também, as porcas travantes de 12mm de diâmetro interno para a fixação dos parafusos. Desta maneira, não haverá necessidade de usar uma barra cilíndrica entre as barras de metalon usadas no sistema de elevação tesoura, e sim, apenas os parafusos.

Figura 5: Porca simples $\frac{3}{4}$ "

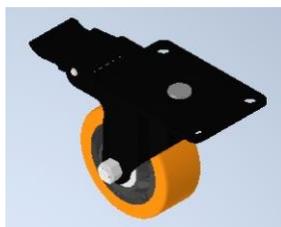


Fonte: Parafuso Fácil

4.2.6. **Rodízio de Poliuretano (PU)**

A roda serve para movimentar objetos com mais facilidade, sem a necessidade de uma força desnecessária para mover algo. Vão ser usadas para não só suportar parte do peso, como principalmente, para locomover a mesa pantográfica. Desta forma, tornando-a móvel. O conjunto de rodízios escolhido contém uma roda de 3" de poliuretano (PU) com um sistema de freio suportando até 600kg.

Figura 6: Rodízio de Poliuretano



Fonte: Autoral

4.2.7. Rolamento Rígido de Esferas

Os rolamentos servem para reduzir o atrito entre as partes móveis da máquina e transmitir uma rotação entre um eixo. É o elemento que permitirá a condução da barra do sistema elevatório de um ponto ao outro.

Figura 7: Rolamento rígido de esferas



Fonte: Mercado Livre

4.2.8. Tubo Galvanizado 3/4"

O tubo serve para conseguir transformar várias coisas, como líquidos, mas no nosso projeto iremos utilizar como um protetor da barra roscada. O aço carbono tem uma resistência mecânica maior que o alumínio, o que significa que o aço carbono aguenta mais peso. Por outro lado, o alumínio tem uma resistência maior à corrosão. O alumínio é mais maleável que o aço carbono, o que significa que é mais simples de ser moldado e pode ser dobrado em variados formatos sem quebrar. Além disso, o alumínio é muito mais leve do que o aço carbono.

Figura 8: Tubo galvanizado 3/4"



Fonte: Agrometal

4.3. MÉTODOS DA MAQUETE

As barras quadradas devem ser marcadas para realizar o fresamento, com o objetivo de diminuir sua espessura, reduzindo o peso e removendo eventuais irregularidades. Após o fresamento, as oito barras serão soldadas, formando dois quadros retangulares. Além disso, serão soldados suportes que permitirão aos rebites deslizarem de maneira consistente em ambos os quadros.

As barras chatas, por sua vez, precisam ser marcadas para a furação, a fim de que possam ser rebitadas, formando a estrutura de elevação em tesoura.

No quadro superior, uma barra chata será soldada em uma porca rosqueada no parafuso. De um lado, essa barra será fixada pelos rebites e, do outro, nas barras quadradas. Esse mecanismo permitirá transformar o movimento axial, gerado pelo giro da porca rosqueada no parafuso, em um movimento linear, deslocando a barra fixada no rebite para frente ou para trás, conforme o movimento da porca.

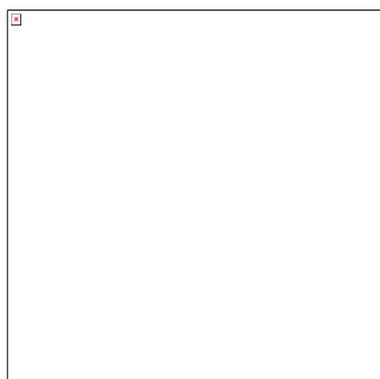
4.4. MATERIAIS DA MAQUETE

Seção dedicada aos materiais utilizados no processo de fabricação da maquete.

4.4.1. *Barra Chata de Aço Carbono Laminada 1/2" x 1/8" x 150cm comprimento*

Utilizado para a formação do sistema de elevação em tesoura da plataforma. Comumente usados na construção civil em portões, grades e esquadrias metálicas.

Figura 9: Barra Chata



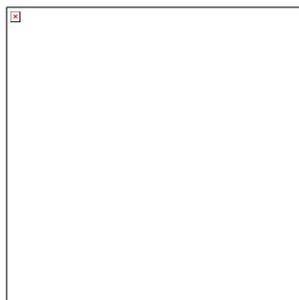
Fonte: 100%Metais

4.4.2. Barra Quadrada Aço Carbono Trefliada 3/8" x 150cm comprimento

Usado para formar os quadros que serve para formar as bases tanto inferior quanto superior. Bastante utilizado em indústrias automotiva para a fabricação de eixos, pinos, etc. em veículos pela sua resistência e de usinagem simples. Constituída a partir de um processo de trefilação.

A trefilação é um processo de conformação em que o material metálico é estirado através de uma matriz (fieira), reduzindo sua seção transversal e aumentando o comprimento. Pode ser realizada a frio, em temperatura ambiente, ou a quente, com prévio aquecimento, dependendo da maleabilidade do metal. Esse processo envolve forças de tração e compressão, resultando em maior resistência mecânica, mas menor ductilidade do material.

Figura 10: Barra Quadrada

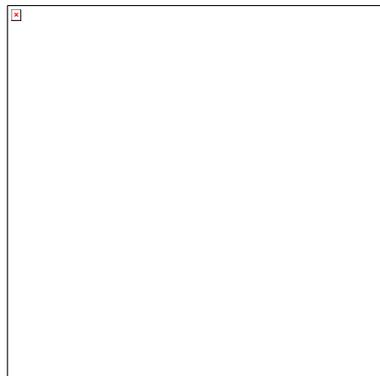


Fonte: 100%Metais

4.4.3. Chapa 14 de Aço Laminado 1020 20mm x 10mm Esp. 2mm

Empregado na base do quadro superior onde é colocado as peças, ferramentas, instrumentos e dispositivos. A trefilação é um processo de conformação em que o material metálico é estirado através de uma matriz (fieira), reduzindo sua seção transversal e aumentando o comprimento. Pode ser realizada a frio, em temperatura ambiente, ou a quente, com prévio aquecimento, dependendo da maleabilidade do metal. Esse processo envolve forças de tração e compressão, resultando em maior resistência mecânica, mas menor ductilidade do material.

Figura 11: Chapa 14

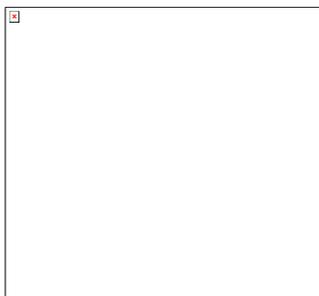


Fonte: 100%Metais

4.4.4. Rebite Ø3mm x 10mm comprimento

O rebite é um elemento de fixação não permanente que, tem como propósito unir duas peças, ou mais, por meio de um intermediário. Sendo rebitado entre os perfis retangulares 1/2" x 1/8", para formar e tornar o funcionamento do sistema de elevação em tesoura da plataforma.

Figura 12: Rebite Ø3mm



Fonte: Mercado Livre

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção, foram organizados textos que serviram de sustentação às ideias e contribuíram para a interpretação dos dados coletados na pesquisa. Levou-se em conta a literatura existente sobre a temática da pesquisa, como artigos e estudos semelhantes, que ajudaram no desenvolvimento do trabalho.

5.1. Ergonomia

A ergonomia é a ciência que busca a adequação das condições de trabalho às capacidades e limitações do ser humano, com o objetivo de melhorar tanto a saúde quanto a eficiência no ambiente laboral. Segundo Lida (2016), a ergonomia é essencial para prevenir lesões e acidentes de trabalho, especialmente em atividades que envolvem elevação e movimentação de cargas, comuns em diversos setores industriais. A aplicação de princípios ergonômicos garante condições adequadas para os trabalhadores, o que não só melhora a qualidade de vida, mas também otimiza a produtividade e amplia a inclusão de grupos minoritários, como as mulheres, na força de trabalho. Portanto, a ergonomia vai além do cumprimento das exigências trabalhistas, promovendo benefícios gerais para empresas e trabalhadores (LIDA, 2016).

A história da ergonomia remonta à Primeira Guerra Mundial, quando, na Inglaterra, foi criada uma comissão para investigar a fadiga dos trabalhadores fabris. Contudo, foi durante a Segunda Guerra Mundial que a importância de conhecer as limitações humanas se destacou, devido à subutilização dos equipamentos militares pelos operadores (LIDA, 2016). Em 1949, em Oxford, um grupo interdisciplinar de cientistas iniciou pesquisas sobre o homem e seu trabalho, cunhando o termo "Ergonomia", derivado do grego "ergon" (trabalho) e "nomos" (regra) (VIEIRA, 2005).

A aplicação da ergonomia, idealmente, deve ser considerada desde a fase de projeto de uma linha ou máquina, como enfatiza Bridger (2008). No entanto, muitas empresas enfrentam o desafio de adaptar dispositivos já existentes, o que pode exigir soluções personalizadas ou "retrofitting" para se adequarem às necessidades ergonômicas, devido a restrições físicas ou técnicas (LIDA, 2016). Além disso, no Brasil, a ergonomia foi regulamentada pela Norma Regulamentadora 17 em 1990, que estabelece diretrizes para materiais, mobiliário, ambiente e jornada de trabalho, com

o intuito de reduzir riscos à saúde (MOTTIN et al., 2012). Mesmo com essa regulamentação, ainda há casos de infrações trabalhistas, evidenciando que algumas empresas priorizam a produtividade em detrimento da saúde dos colaboradores (VIEIRA, 2005).

5.1.1. Conceito e Impacto nas Lesões Ocupacionais

A ergonomia e as Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (LER/Dort) são conceitos centrais na promoção da saúde ocupacional. A ergonomia, que envolve a adaptação das condições de trabalho às capacidades físicas dos trabalhadores, visa prevenir lesões e melhorar a eficiência, enquanto as LER/Dort representam um problema de saúde crescente, resultante do uso excessivo e da sobrecarga do sistema musculoesquelético.

O manuseio inadequado de cargas, por exemplo, é uma das principais causas de lesões ocupacionais. Segundo Bridger (2008), 60% dos acidentes em colaboradores fabris estão relacionados ao levantamento de pesos, e 20% à movimentação manual de cargas. Essas atividades, se realizadas sem a devida aplicação de princípios ergonômicos, expõem a coluna vertebral a grandes riscos. De acordo com Lida (2016), o esforço aplicado durante o levantamento de cargas pode gerar forças danosas à coluna, principalmente quando o trabalhador precisa se inclinar para alcançar objetos em níveis inferiores, o que aumenta o risco de lesões como lombalgia e desvios posturais.

A coluna vertebral é uma das estruturas mais delicadas do corpo humano e está sujeita a deformações como lordose, cifose e escoliose, que são frequentemente causadas por posturas inadequadas e esforços físicos mal orientados. O desenvolvimento de lombalgia é comum em trabalhadores que permanecem por longos períodos na mesma posição, mas pode ser prevenido com exercícios de fortalecimento da região dorsal e a adoção de posturas corretas durante o levantamento de cargas (LIDA, 2016). Além disso, o esforço físico inadequado pode provocar hérnias, tanto na região abdominal quanto na coluna, causando dor intensa e limitação de movimentos (BRIDGER, 2008).

Já as LER/Dort são distúrbios relacionados ao uso excessivo do sistema musculoesquelético, caracterizados por sintomas como dor, sensação de peso e fadiga nos membros superiores. Essas lesões têm se tornado um problema crescente,

tanto no Brasil quanto no mundo, e afetam principalmente trabalhadores da indústria, operadores de máquinas e motoristas de caminhão, entre outros. Fatores individuais, como idade, sexo e tempo de trabalho, também influenciam no desenvolvimento dessas lesões (LIDA, 2016). Entre 2007 e 2016, o Brasil registrou um aumento significativo de casos de LER/Dort, com as mulheres sendo mais afetadas, especialmente na faixa etária de 40 a 49 anos. As regiões Sudeste e Nordeste apresentaram os maiores índices de incidência durante esse período.

5.2. Características dos Materiais

O aço é uma das ligas metálicas mais versáteis e importantes na indústria moderna, com uma ampla variedade de tipos e formas que o tornam indispensável em diversas aplicações. Essa diversidade é fruto da necessidade de adequação do produto a exigências específicas que surgem no mercado, seja pelo controle da composição química, garantia de propriedades específicas, ou formas finais, como chapas, perfis e tubos.

O aço pode ser classificado em diferentes categorias com base no teor de carbono presente em sua composição. Os aços-carbono são formados principalmente por carbono, silício, manganês, enxofre e fósforo em pequenas quantidades, além de outros elementos residuais. A quantidade de carbono define as propriedades do aço, que podem variar de alta ductilidade a elevada dureza e resistência.

Os aços de baixo carbono, com até 0,3% de carbono, são altamente dúcteis e adequados para processos de soldagem e trabalho mecânico, sendo amplamente utilizados na construção de edifícios, pontes e automóveis. Já os aços de médio carbono, que contêm entre 0,3% e 0,6% de carbono, são conhecidos por sua tenacidade e resistência quando temperados e revenidos, sendo utilizados em componentes mecânicos como engrenagens e bielas. Por outro lado, os aços de alto carbono, com mais de 0,6% de carbono, possuem elevada dureza e resistência, sendo empregados em trilhos, molas e pequenas ferramentas.

Além da classificação com base no teor de carbono, a composição química do aço deve seguir normas técnicas específicas, como a NBR 6591, que garante a segurança e confiabilidade dos produtos utilizados em diferentes segmentos, como construção civil e arquitetura. Essa norma estabelece limites para elementos

químicos, como carbono (máximo de 0,23%), manganês (máximo de 1,00%), fósforo (máximo de 0,04%) e enxofre (máximo de 0,05%), assegurando que o aço passe por rigorosos testes de qualidade antes de ser empregado em projetos (NBR 6591, 2008).

Dessa forma, o aço é um material amplamente utilizado e em constante evolução, com mais de 3.500 tipos diferentes, dos quais cerca de 75% foram desenvolvidos nos últimos 20 anos, refletindo o avanço tecnológico do setor.

5.2.1. Classe de Resistência do Material de um Parafuso

A classe de resistência do material de um parafuso é um conceito essencial na engenharia, refletindo diretamente suas propriedades mecânicas e adequação para diversas aplicações. Esse conceito é representado por um código numérico, XX.Y, estampado na cabeça do parafuso. O primeiro número (XX) multiplicado por 10 indica o limite de resistência à tração do parafuso em megapascals (MPa), enquanto o segundo número (Y), multiplicado pelo primeiro número, determina o limite de escoamento do material (INDUFIX PARAFUSOS, 2017).

Por exemplo, um parafuso com a classe 8.8 possui uma resistência à tração mínima de 800 N/mm², e o limite de escoamento é 80% desse valor, resultando em 640 N/mm². Esse código é crucial para a seleção adequada do parafuso, pois permite calcular o torque máximo de aperto sem comprometer a integridade do material (INDUFIX PARAFUSOS, 2017).

Historicamente, o estudo da resistência dos materiais, incluindo a classificação dos parafusos, tem suas raízes no início do século XVII com as experiências de Galileu sobre as cargas em hastes e vigas. A compreensão detalhada das propriedades mecânicas dos materiais foi aprimorada no século XVIII, principalmente na França, estabelecendo a base para o que hoje conhecemos como mecânica dos materiais ou mecânica dos corpos deformáveis (HIBBELER, 2004).

A classe de resistência não apenas informa sobre a resistência máxima do parafuso, mas também sobre sua ductilidade. Parafusos com uma classe de resistência menor têm maior ductilidade, permitindo mais deformação antes da ruptura, mas suportam menos torque. Em contraste, parafusos com uma classe de resistência mais alta suportam maiores torques, porém têm menor ductilidade, o que pode levar a falhas se o aperto for excessivo. Por isso, o uso de ferramentas

apropriadas, como o torquímetro, é essencial para garantir o aperto adequado e evitar danos ao parafuso e à peça fixada (INDUFIX PARAFUSOS, 2017).

6. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto

QTD	DESCRIÇÃO DO RECURSO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
60	Arruela Lisa M12	0,30	18,00	jofepar.com.br
2	Arruela Lisa 3/4"	0,96	1,92	jofepar.com.br
1	Barra Chata Aço Carb. 1.1/4" x 1/8" x 400mm	8,75	8,75	cemporcentometais.com.br
1	Chapa Alumínio Xadrez 1000mm X 500mm (esp. 1,5mm)	160,00	160,00	mercadolivre.com.br
1	Manípulo Volante V2r 120mm c/ Cabo Giratório	54,00	54,00	mercadolivre.com.br
8	Parafuso Sext. MB 12 - 1,50 x 50 8.8 RP	2,95	23,67	villarparafusos.com.br
8	Parafuso Sext. MB 12 - 1,50 x 60 8.8 RP	2,80	22,41	villarparafusos.com.br
4	Parafuso Sext. MB 12 - 1,50 x 70 8.8 RP	3,42	13,72	villarparafusos.com.br
5	Porca Dupla G 3/4"	3,60	18,01	villarparafusos.com.br
4	Porca Sext. NC K 3/4" ZB	2,03	8,14	villarparafusos.com.br
20	Porca travante M12	0,78	15,60	atlasparafusos.com.br
4	Rolamento 12	3,84	15,36	mundoeletric.com.br
1	Rolamento axial 15	4,00	4,00	lojabrafer.com.br
1	Tubo Redondo Aço Carb 1/2" x 600mm (esp. 1,5mm)	8,80	8,80	cemporcentometais.com.br
1	Tubo Redondo Aço Carb 3/4" x 500mm (esp. 2mm)	8,90	8,90	cemporcentometais.com.br
1	Tubo Retangular Aço Carb. 20mm x 30mm x 6000mm (esp. 1,2mm)	60,95	60,95	cemporcentometais.com.br
1	Tubo Retangular Aço Carb. 20mm x 40mm x 6000mm (esp. 1,2mm)	71,45	71,45	cemporcentometais.com.br
1	Tubo Quadrado Aço Carb 15mm x 15mm	20,46	20,46	cemporcentometais.com.br

	x 300mm (esp. 1,2mm)			
TOTAL			R\$	534,14

Fonte: Autoria própria

6.1. PLANILHA DE CUSTOS DA MAQUETE

Tabela 2 - Planilha de custos da maquete

QTD	DESCRIÇÃO DO RECURSO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
1	Barra quadrada aço carbono treliada 3/8" x 150cm comprimento	19,25	19,25	cemporcentometais.com.br
1	Chapa 14 de aço laminado 1020 30cm x 20cm Esp. 2mm	15,37	15,37	cemporcentometais.com.br
1	Barra Chata de aço carbono laminada 1/2" x 1/8" x 150cm comprimento	13,08	13,08	cemporcentometais.com.br
60	Rebite Ø3mm Aço Carbono de Cabeça Redonda 10mm comprimento		34,80	mercadolivre.com.br
TOTAL			R\$	0

Fonte: Autoria própria

7. RESULTADOS OBTIDOS

Espera-se que a mesa pantográfica móvel, quando finalizada, atenda às expectativas de baixo custo e eficiência. A estrutura de metalon deverá garantir resistência, enquanto o sistema de elevação permitirá ajustar a altura para facilitar o transporte de materiais pesados. O protótipo deve melhorar a segurança e otimizar as operações no setor metalomecânico.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a continuidade do projeto, é interessante a construção do protótipo em escala real para fins educacionais para a Escola Salesiana São José. Desta forma, auxiliando na manipulação de transporte e troca de dispositivos das máquinas e de materiais pesados que podem infringir em algum acidente ergonômico. Também, com a sua versatilidade, podendo servir como uma mesa suporte para ferramentas no uso do diário na oficina. Desta forma, auxiliando num ambiente de trabalho mais organizado e seguro.

REFERÊNCIAS

ANTARES ACOPLAMENTOS. **Rolamento axial**: o que é e para que serve? Antares Acoplamentos. Disponível em: <<https://www.antaresacoplamentos.com.br/blog/rolamento-axial/>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6591** - Tubos de aço-carbono com solda longitudinal de seção circular, quadrada, retangular e especial para fins industriais - Especificação. Rio de Janeiro, jul. 2008.

BEPEX. **Aço Carbono é mais leve que o Alumínio?** Disponível em: <<https://bepex.com.br/aco-carbono-e-mais-leve-que-o-aluminio/>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BRIDGER, R.S. **Introduction to ergonomics**. 3. ed. Londres: Taylor e Francis, 2008.

CRV INDUSTRIAL. **Porcas**: principais tipos e aplicações. CRV Industrial. Disponível em: <https://www.crvindustrial.com/blog/porcas-principais-tipos-e-aplicacoes>. Acesso em: 3 mar. 2024.

GONÇALVES, Steffani Bez Batti; et al. **Prevalência e fatores associados aos acidentes de trabalho em uma indústria metalmecânica**. [2017].

GUNDER, Chuck. **Scissor Lift Table** [Vídeo]. YouTube, 2024. Disponível em: <<https://youtu.be/ydlg83JFHPo?si=yvCZWxv3ny8woqYe>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

HASSMANN. **Matéria-prima**: o que é, importância e exemplos. Hassmann. Disponível em: <<https://hassmann.com.br/blog/materia-prima/>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7º ed. [s.l.: s.n.].

HUGO, Victor. **Como fazer Plataforma Elevatória tipo Tesoura / plataforma pantográfica** [Vídeo]. YouTube, 2024. Disponível em: <<https://youtu.be/c6aSnfr23js?si=BD4J5azotZpf2oX9>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

INDUFIX. **Classe de resistência de parafusos** [2017]. Disponível em: <<https://www.indufix.com.br/classe-de-resistencia-de-parafusos/>>. Acesso em: 10 set. 2024.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Aços estruturais**. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/acos-estruturais.php>. Acesso em: 10 set. 2024.

LIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

Ministério da Saúde. **Saúde Brasil 2018: uma análise de situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas**. Brasília, 2019.

MOTTIN, A. C. et al. **Ergonomic analysis of workplaces in the iron casting industrial pole in Claudio, Minas Gerais - Brazil**. *Work*, v. 41, p. 1727-1732, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0376-1727>. Acesso em: 10 sep. 2024.

Organización Internacional del Trabajo. **Seguridad y salud en el trabajo**. [Internet]. [s.l.], [2000]. Disponível em: <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>. Acesso em: 24 abr. 2024.

WORKSHOP FROM SCRATCH. **Making Electric Scissor Lift Table** [Vídeo]. YouTube, 2024. Disponível em: <https://youtu.be/uFfnHscIP9E?si=YqniiZzVMIQA8LY9>. Acesso em: 13 mar. 2024.