

## DESENVOLVIMENTO DE SUPORTE ARTICULADO TRIPLO PARA MONITORES EM CHAPA METÁLICA

BATISTA, Larissa Aparecida França <sup>1</sup>  
LENCKULH, Leandro <sup>2</sup>  
SILVA, Marcio Lourenço da <sup>3</sup>  
FREITAS FILHO, Fernando Luiz <sup>4</sup>

### RESUMO

Este artigo apresenta as etapas do desenvolvimento e fabricação de um suporte articulado triplo para monitor de vídeo em parceria com a empresa ERZINGER INDUSTRIA MECÂNICA LTDA. O desafio proposto pelo gestor de engenharia da empresa, Sr. Ricardo Fernandes, no final do ano de 2020 num cenário de baixa de trabalho causado pela COVID19. O desafio consistiu em desenvolver um suporte com o DNA da empresa, desenvolvido todo em chapa metálica, que fosse possível fabricar internamente com os recursos de corte a laser, dobra e solda das chapas. A proposta foi acolhida e trabalhada por membros da equipe. Cada etapa foi de grande aprendizado: conceitual, CAD, CAM, CAE, prototipagem, análise, revisões, acompanhamento da produção e montagem. Foram necessários 2 protótipos até chegar no modelo atual. Nenhum modelo foi descartado e ambos estão em uso, porém foi percebido em cada um deles que haviam pontos a melhorar. Após melhorias implantadas, foram fabricados suportes para todas as estações de trabalho. Embora exista suporte triplo no mercado, para a Erzinger, não se trata apenas da aquisição de suportes, mas promover o trabalho em períodos sensíveis, evitando a mão de obra ociosa na fábrica em períodos de baixa produção. Foi também uma forma de mostrar a todos, que ela usa o que faz, trazendo os materiais e as cores dos produtos de chão de fábrica para dentro da engenharia. Valorizar o trabalho e as pessoas, mantém a Erzinger na liderança do mercado nacional no seu segmento.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento De Produto Em Chapas Metálicas; Suporte Triplo Para Monitores De Vídeo; Prototipagem.

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, [larissafrancabatista@gmail.com](mailto:larissafrancabatista@gmail.com); <sup>2</sup>Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, [leandrolenckulhl@gmail.com](mailto:leandrolenckulhl@gmail.com); <sup>3</sup>Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, [marciolourencos@gmail.com](mailto:marciolourencos@gmail.com); <sup>4</sup>Professor orientador: Doutor, Centro Universitário UNISOCIESC, [fernando.freitas@unisociesc.com.br](mailto:fernando.freitas@unisociesc.com.br)

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente vivemos em uma sociedade de constante evolução, a qual mostra dia após dia novos avanços tecnológicos, gerando necessidade de empresas acompanharem todas as inovações desenvolvidas para se tornarem cada vez mais competitivas no mercado de trabalho. Com base nisso, houve em 2020 uma necessidade em particular na empresa Erzinger, fabricante nacional de equipamentos para pintura, de trabalhar com 3 monitores de vídeo no setor de engenharia, visando aumentar a produtividade no desenvolvimento de projetos.

Anteriormente, utilizava-se 2 monitores com bases individuais de elevação, visando a boa postura e ergonomia do funcionário, que ocupavam um grande espaço, e com a chegada do terceiro monitor, o espaço ficou ainda mais limitado, tornando-se difícil e até desconfortável de fazer cálculos e analisar desenhos mecânicos ou qualquer outra tarefa em cima da mesa.

A partir dessa necessidade de espaço limitado e na melhor postura e ergonomia do funcionário foi discutida a possibilidade de desenvolver um suporte articulado para 3 monitores, sendo possível ajustar a altura e angulação dos monitores de acordo com cada funcionário e reduzir dores provenientes da má postura. A chegada do covid-19 resultou em uma baixa demanda de projetos, ocasionando máquinas com baixa carga operacional e mão de obra ociosa. Foi nesse período que surgiu de fato o desafio de desenvolver um suporte triplo para os monitores, dentro dos limites fabris disponibilizados pela empresa, porque seria fabricado internamente, utilizando de máquinas de corte a laser, dobradeiras e solda, portanto, desenvolvido somente em chapas metálicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

No capítulo que segue será apresentado a fundamentação teórica dos temas: projeto mecânico, simulação estrutural, etapas de fabricação, ergonomia e otimização de espaço.

### 2.1 Projeto mecânico

O projeto mecânico representa uma parcela importante da engenharia, uma parte entrelaçada entre a teoria e a prática, onde cada engenharia, cada curva e cada conexão são meticulosamente adaptadas para dar origem às máquinas que exercem um papel fundamental no nosso mundo. Conforme o PMBOK (2021), o projeto mecânico, seja para a criação, projeto ou o aprimoramento de algo que já existe, é uma ferramenta de reprodução de ideias que visa sempre a segurança e o excelente desempenho criativo.

O projeto mecânico é definido pelo PMBOK (2021) como "empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único", ou seja, um processo de criação e execução com início e fim definidos.

### 2.2 Simulação estrutural

A simulação estrutural desempenha um papel fundamental em projetos, fornecendo insights sobre o comportamento e a segurança dos projetos. Com o avanço da tecnologia, a otimização de produtos e processos através de simulações virtuais está sendo muito difundida. Os benefícios são muitos, porém são necessários computadores sofisticados para se obter as simulações, apesar disso, a análise é rápida e barata ao se comparar com ensaios experimentais (LOTTI ET AL,2006). A potência computacional depende das condições de contorno aplicadas no estudo. Segundo Hibbeler, um dos parâmetros essenciais no âmbito da engenharia é a tensão de ruptura, que representa a carga máxima que um material pode suportar antes de ocorrer uma falha. Compreender a tensão de ruptura é fundamental para garantir que os materiais usados possam resistir às cargas

aplicadas sem falhas catastróficas, enquanto a simulação estrutural fornece uma ferramenta para prever e melhorar o desempenho de projetos mecânicos.

Entre as ferramentas de simulação estrutural disponíveis, destaca-se o Solidworks, um software amplamente utilizado na indústria. Este programa permite simular a aplicação de cargas e situações impostas às peças, fornecendo informações cruciais sobre as tensões atuantes nos materiais.

## 2.3 Etapas de fabricação

### **Processo de corte a laser das chapas de aço**

O corte por laser tornou-se o processo de corte preferencial para muitas empresas, com base nas altas velocidades de corte e na exatidão do processo. Os equipamentos destinados a este fim permitem obter peças de geometria complexa, acabamento de superfícies praticamente livres de rebarbas na região de corte e rapidez na execução de peças (BAGNATO, 2001).

### **Processo de dobramento das chapas**

Há diferentes modos para realizar o processo de dobramento de chapas, variando de acordo com a geometria do projeto, essa variação possibilita criar perfis de seção diferentes na chapa a ser dobrada. (GASPAR, 2012, p.13)

Nesta operação, segmentos retos do corpo plano (chapa) são transformados em curvos com o auxílio de ferramentas específicas (DIETER, 1981)

### **Pintura das chapas**

O processo de revestimento por pintura possui uma função importante, a pintura industrial serve como proteção anticorrosiva de estruturas metálicas e de equipamentos (NUNES, 2014) A aplicação de tintas anticorrosivas apresenta um leque de propriedades importantes como:

- Finalidade estética;
- Impermeabilidade;
- Permitir maior ou menor absorção de calor, através do uso correto das cores;
- Diminuição da rugosidade superficial;

Segundo Nunes (2014) “Às tintas industriais são composições químicas líquidas ou em pó capazes de formar uma película durante a aplicação e após a secagem e/ou cura”

## 2.4 Ergonomia

A crescente evolução dos ambientes profissionais, junto com a predominância de tarefas sedentárias e a crescente dependência de tecnologias digitais, destaca a necessidade de estar em um ambiente de trabalho ergonomicamente correto. A literatura científica dedicada à ergonomia no contexto laboral visa compreender os desafios enfrentados pelos trabalhadores, bem como para desenvolver estratégias que visem melhorar a qualidade de vida no trabalho. Estudos notáveis, como os de Chaffin e Anderson (1990) sobre a biomecânica ocupacional, destacam a importância de configurar o espaço de trabalho de maneira apropriada para evitar sobrecargas musculares e posturas prejudiciais. A obra de Grandjean (1987) sobre a adaptação do trabalho à pessoa enfatiza a necessidade de móveis ergonomicamente projetados, considerando a individualidade de cada trabalhador para minimizar riscos de fadiga e lesões.

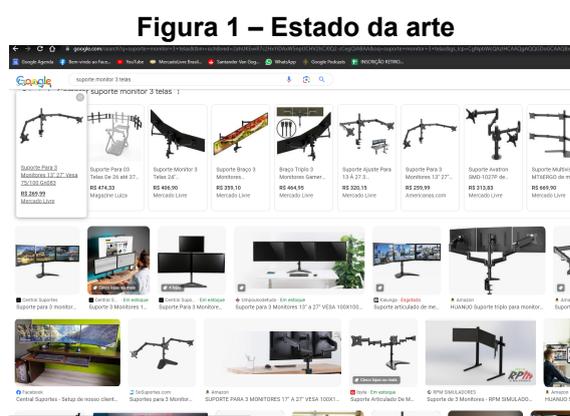
## 2.5 Otimização de espaço

A otimização de espaço é um aspecto importante para promover a eficiência, a produtividade e o bem-estar dos profissionais em um ambiente de trabalho. Uma mesa bem organizada e ergonomicamente projetada não apenas facilita a realização das tarefas diárias, mas também contribui para um ambiente de trabalho mais saudável e estimulante. Autores como Grandjean (1988) destacam a importância de adaptar o ambiente de trabalho às características físicas e psicológicas dos indivíduos, visando minimizar o estresse e maximizar o conforto durante as atividades laborais. Portanto, a disposição dos elementos na mesa, a altura do monitor, a iluminação e a organização dos objetos transcende a mera disposição física dos objetos. A teoria do design ambiental destaca a importância da configuração do espaço físico na eficiência e no bem-estar dos ocupantes (Heschong, 1979)

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Pesquisa conceitual e estado da arte

Foram investidas várias horas de pesquisas visando insights e modelos de suportes já existentes publicados na internet. A pesquisa abrangeu suportes de monitores, televisores e inclusive simuladores.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=suporte+monitor+3+telas>

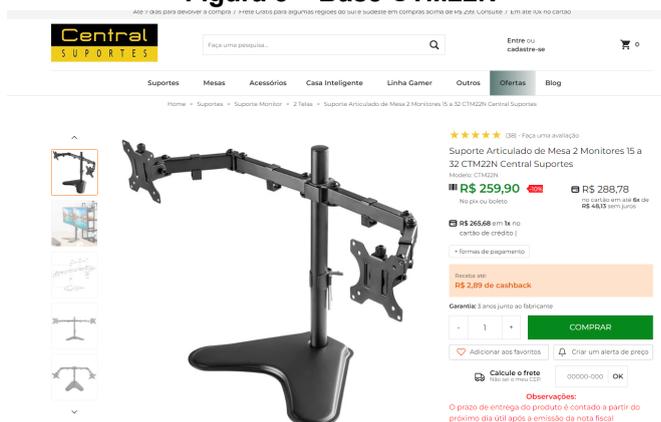
O adaptador Vesa da marca Sensa foi escolhido como estado da arte para o projeto por ser em chapas dobradas.



Fonte: <https://sensavr.com.br/produto/adaptador-vesa-sa1-ajuste-fino>

Os pés da torre central foram inspirados em modelos como o CTM22N comercializado no site central suportes, pela sua estética.

**Figura 3 – Base CTM22N**



Fonte: <https://www.centraisuportes.com.br>

### 3.2 Criação de conceito

Utilizando a ferramenta CAD Solidworks, iniciou-se o desenvolvimento de 2 possíveis modelos, o primeiro com a torre central em perfil dobrado “U” e com o pé retangular, o segundo feito com a torre central em com mais 2 dobras propondo cantos chanfrados, e com pés em “V” também conhecido por “rabo de andorinha”. em ambos foram criados braços articulados em chapa de aço 3 mm dobradas em “U”.

### 3.3 Aprovação visual/conceitual

Os suportes foram apresentados para parte da equipe de trabalho e por unanimidade optou-se pelo modelo com mais dobras e com o pé em V. Por critério estético ele foi escolhido.

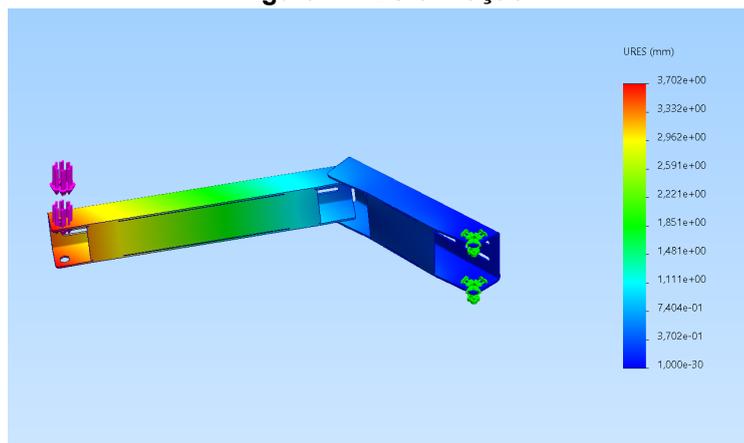
Os membros da equipe também avaliaram minuciosamente o funcionamento e fixação e propuseram melhorias como soldar uma chapa nos braços para tornar eles em uma espécie de tubo e assim diminuir a espessura da chapa de 3mm para 2mm. Outra sugestão foi abrir ranhuras nos braços para alívio de massa e fixação de abraçadeiras para os cabos.

O modelo não escolhido foi descartado imediatamente e por esse motivo, não há imagens para representá-lo. Não havia diferenças estruturais relevantes entre os dois modelos para serem citados, o fator estético foi predominante na escolha.

### 3.4 Simulação CAE

Após executar as melhorias, foram analisadas no Solidworks Simulation as peças consideradas críticas, no caso os braços articulados. Foi aplicado a força de 50N na posição da fixação do monitor mais distante e fixado o ponto de fixação preso ao braço de elevação.

**Figura 4 – Deformação**



Fonte: O autor (2023)

### 3.5 Processos de fabricação das peças

Houve a fabricação de 1 unidade protótipo e instalado na mesa de um projetista para avaliação. Para tal, o projeto é encaminhado para a engenharia de aplicações, responsável por todas as etapas de fabricação, nele é feito as simulações CAM, onde é avaliado se todas as peças desenvolvidas são possíveis de serem fabricadas, verificando se possui a aba mínima da chapa para ser dobrada, se o tamanho da peça planificada é compatível com o tamanho da matéria prima e entre outras análises. Com o processo finalizado é gerado os planos de corte e dobra e um relatório que será enviado para os operadores das máquinas provenientes da fabricação.

Com o relatório, o detalhamento das peças e a matéria prima necessária, é iniciado a fabricação, iniciando pelo corte das chapas, executado através da máquina a laser Bystronic BySprint Fiber. A máquina é CNC e o relatório de corte serve para guiar o operador quais os programas a serem colocados na máquina no momento da execução.

**Figura 5 – Peças cortadas**

Fonte: O autor (2023)

Logo após cortadas, as peças estão prontas para serem dobradas, como no processo anterior, neste também é necessário o relatório de dobra, detalhamento e as peças cortadas de acordo com a necessidade do projeto, é feito a dobra das chapas através da máquina Bystronic Xpert 40. Esta máquina também possui controlador CNC e o relatório serve como base dos programas a serem buscados na rede. Os desenhos 2D servem para conferência.

**Figura 6 – Peças dobradas**

Fonte: O autor (2023)

Com todas as peças cortadas e dobradas, é feito a soldagem das peças necessárias, o caldeireiro recebe as peças e o detalhamento 2D, que nele contém todas as informações necessárias para a realização desse processo. E em sequência encaminha-se todas as peças para a pintura, finalizando todos os processos de fabricação. A cor escolhida foi o cinza RAL 7011, por ser a cor predominante em partes dos equipamentos fornecidos pela Erzinger.

**Figura 7 – Peças soldadas**

Fonte: O autor (2023)

**Figura 8 – Peças soldadas**

Fonte: O autor (2023)

**Figura 9 – Peças pintadas**

Fonte: O autor (2023)

### 3.5 Processos de montagem interna

Após finalizar os processos de fabricação, inicia-se a etapa de montagem. Nessa etapa a documentação necessária é o detalhamento 2D (desenho técnico) contendo todas as informações necessárias para a montagem. Complementando usa-se listas de separação de material gerados pelo ERP (Enterprise Resource Planning) da marca Prosys. No mesmo também são lançadas as horas de fabricação ao fim de cada etapa para comparar com as horas previstas pela engenharia de aplicações no início do processo.

**Figura 10 – Peças montadas**



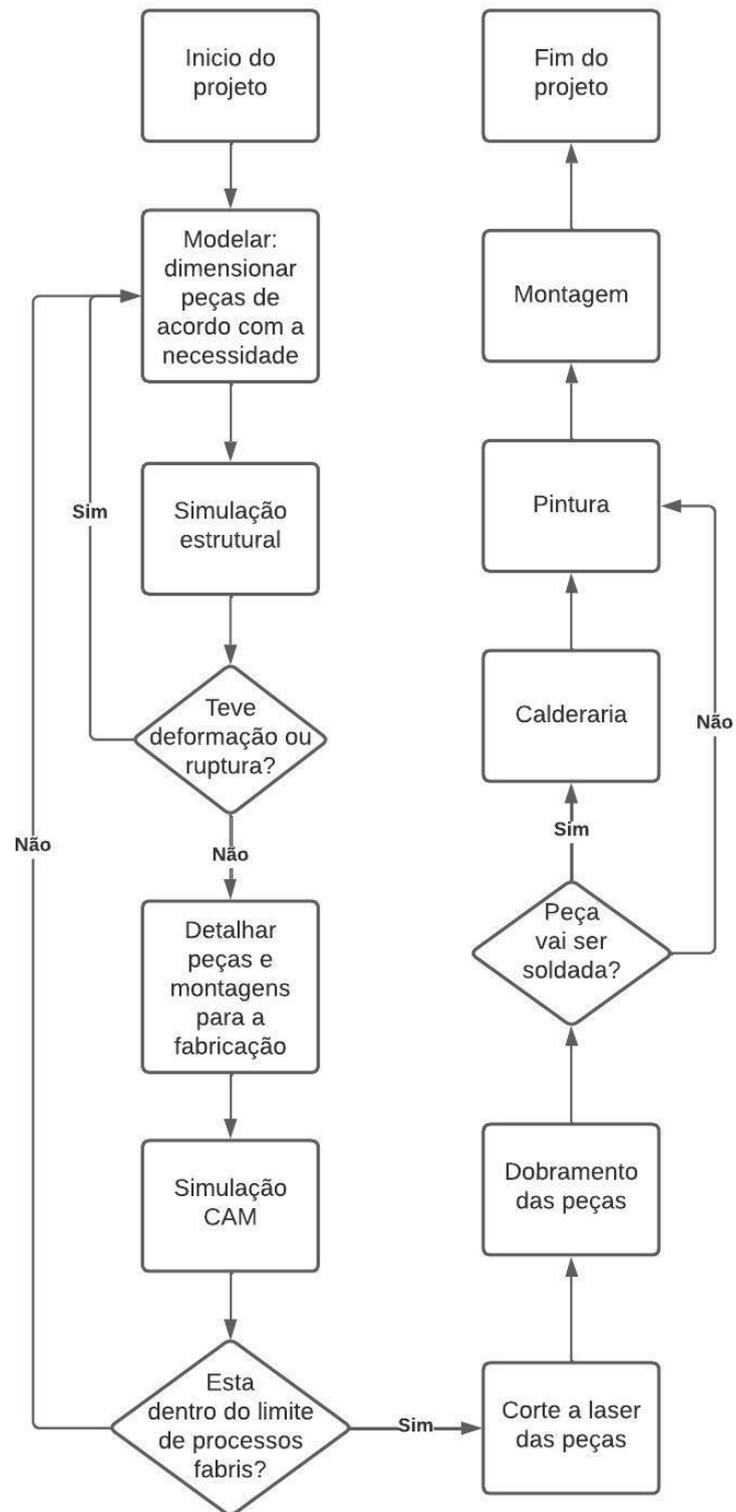
Fonte: O autor (2023)

**Figura 11 – Suporte montado**



Fonte: O autor (2023)

Para melhor entendimento, abaixo contém um fluxograma de todo o processo de desenvolvimento do projeto.

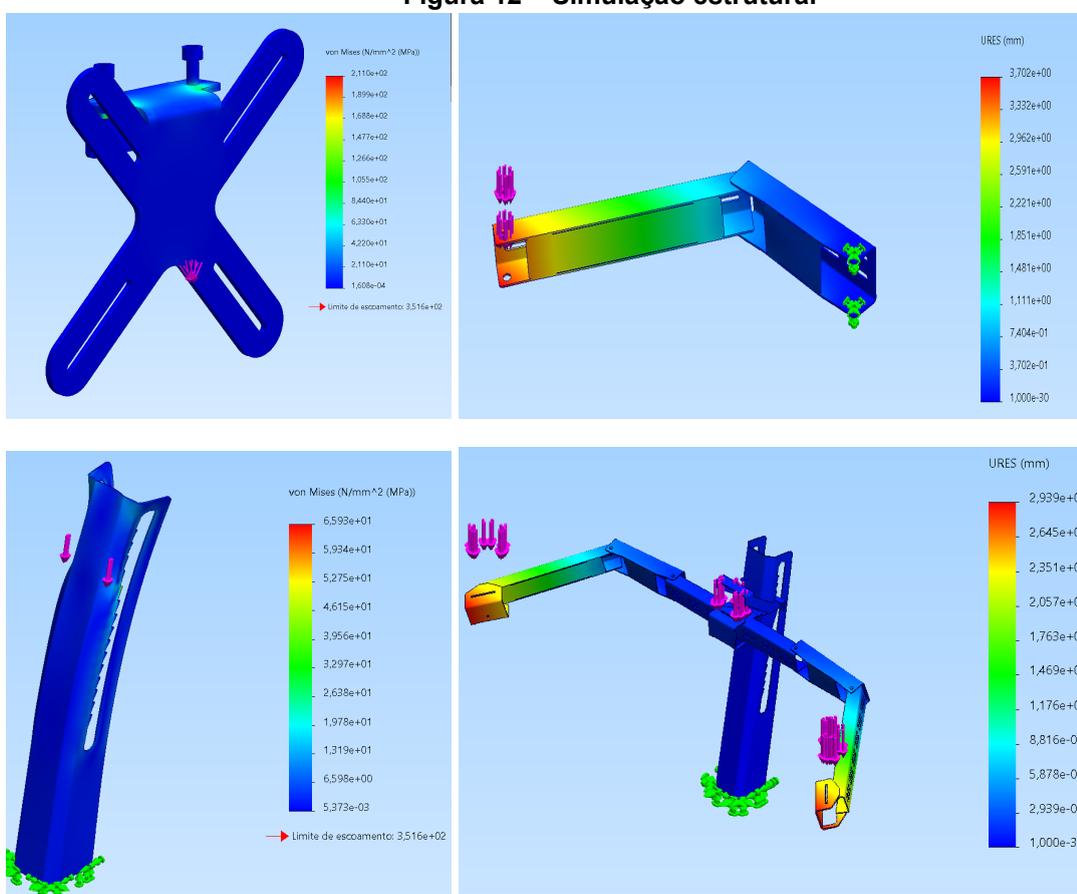


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Simulação CAE

Através do desenvolvimento e da simulação CAE foi visto que é possível sustentar 3 monitores de 2,5 quilos cada. Isso porque nas simulações foram aplicadas cargas de 50N de força, estimando um fator de segurança de 2x. Na simulação foram avaliados os critérios de deslocamento (mm) e Von Mises

Figura 12 – Simulação estrutural



Fonte: O autor (2023)

### 4.2 - Validação do Protótipo 01

Foi percebido que o mecanismo de ajuste de altura, por tirante com porca e contra porca deslizante em rasgo ranhurado, gerou dificuldade em encontrar o posicionamento ideal e foi optado em criar outra solução para tal ajuste. Percebeu-se também que a pouca folga na articulação de cada braço fez com que

no movimento, gerasse arranhões na pintura dos mesmos. A chapa de ajuste fino e fixação na vesa dos monitores atenderam a expectativa sem necessidade de alterações futuras.

**Figura 13 – Tirante e porca**



Fonte: O autor (2023)

#### 4.3 - Revisão 01 de projeto e avaliação do Protótipo 02

Se tornou necessário fazer uma revisão no projeto, desenvolver torre central com ajuste de altura por cremalheira. Alterado base central dos braços articulados para deslizar na cremalheira quando inclinado e travar na posição de uso. Inserido alça na base central dos braços para favorecer o manuseio no ajuste de altura de todo o conjunto. Fabricado novamente 01 unidade com as melhorias implantadas. Como esperado, ficou prático de ajustar as alturas e de forma geral, foi bem avaliado. Com a validação, foram fabricados e instalados 10 unidades.

**Figura 14 – Tirante e porca**



Fonte: O autor (2023)

#### 4.4 - Revisão 02 de projeto e avaliação.

Percebeu-se que, devido à variação de posição da furação da vesa entre marcas, o ajuste mais alto do conjunto não atendeu à ergonomia para os usuários mais altos. Portanto foi preciso fazer mais uma revisão, aumentar 100 mm a torre central. Após implementada a alteração, foram fabricados mais suporte onde houveram diversos feedbacks positivos, sendo predominante o espaço livre sobre a mesa, a facilidade de regular a altura e amplitude visual dos monitores, resultando em um conforto maior para trabalhar. Outras revisões podem ser estudadas caso a Erzinger adquira novas tecnologias de fabricação. Entende-se que o suporte está otimizado para os recursos atuais da empresa.

#### 4.5 - Custo de matéria prima e tempo de fabricação.

Custo de matéria prima de aproximadamente R\$70,00.

O tempo de fabricação total ficou em torno de 3,34h (aprox. 2h e 20min) subdividido nas seguintes etapas de: Corte a laser: 0,16h; Traçagem e dobradeira: 0,7h; Fabricação (Solda/Movimentação): 1,05h; Pré tratamento (Jateamento): 0,16h; Pintura: 0,27h;

O tempo de montagem do conjunto de peças cerca de 0,5h;

Tempo de instalação na bancada de trabalho em torno de 0,5h;

#### 4.6 Adoção do modelo em diversas áreas da empresa.

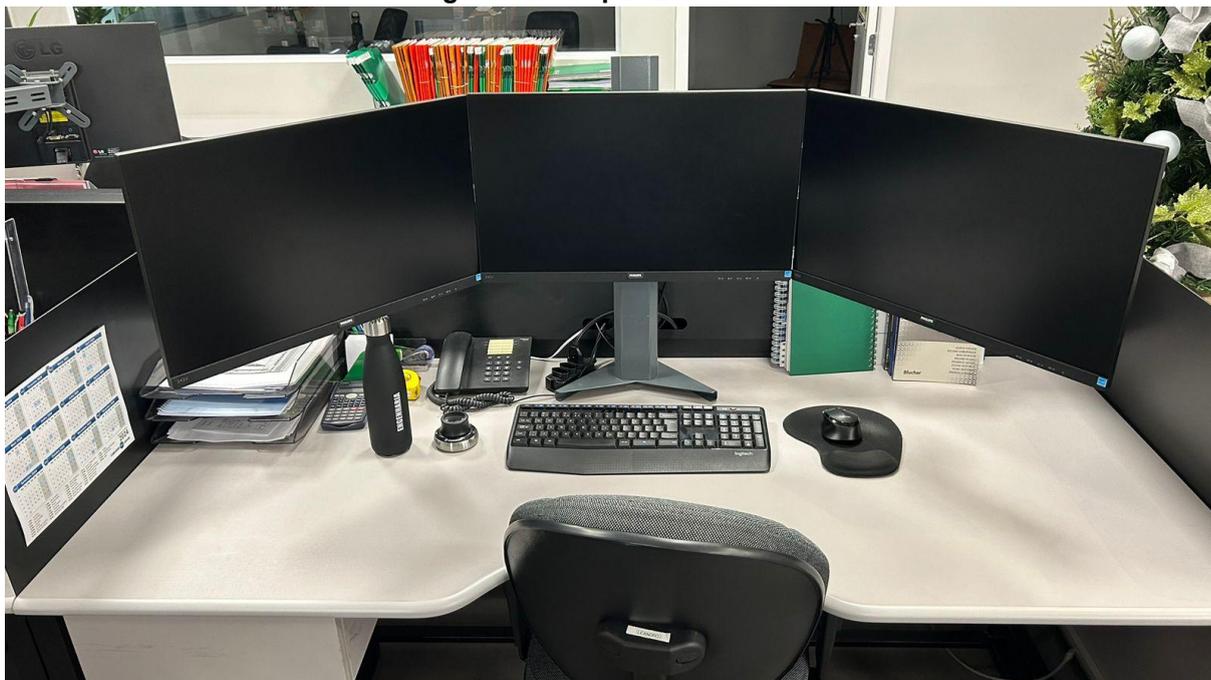
Usuários de Desktop das outras áreas adotaram o suporte. Além da Engenharia de produtos, foram instalados nos setores de Engenharia de aplicação, Engenharia de processos, PCP, fabricação e logística.

#### 4.7 Case de novos negócios.

O suporte foi desenvolvido para uso interno na Erzinger e em momento algum foi cogitado a colocação do item em produção para venda. Mas houve uma situação inusitada, um cliente da região de São Paulo que visitou a empresa, ficou admirado

com o departamento de engenharia, com o uso de vários monitores e com os suportes em uso. Ele não escondeu que estava interessado em usar o conceito na sua empresa. Sandro, diretor técnico da Erzinger, comentou que após fechar o projeto que estava em tramitação, seria cedido a ele também o projeto dos suportes para serem implementados na empresa do cliente.

**Figura 15 – Suporte finalizado**



Fonte: O autor (2023)

**Figura 16 – Organização de cabos**



Fonte: O autor (2023)

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo inicial era pouco conhecido para quem não tinha nenhum conhecimento sobre o tema, em sua grande maioria, quando se fala em desenvolvimento de projeto, é comum imaginar o desenvolvimento de máquinas e equipamentos, porém, surgiu a necessidade de desenvolver um suporte para monitores, algo que foge do dia-dia de um projetista mecânico.

O suporte foi desenvolvido utilizando o Solidworks para modelamento 3D e simulação estrutural, as peças em aço 1020 foram fabricadas através de máquinas de corte e dobra disponibilizadas pela empresa, soldadas e pintadas internamente.

Apesar do processo conhecido, o produto era novo, ocasionando uma cautela maior para sua criação. Todo esse cuidado foi muito importante para o resultado final, sendo fabricados mais de 50 suportes, iniciando a implementação no setor de engenharia e se espalhando para os outros setores da empresa.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente a Deus, por nos permitir chegar até onde estamos, nos guiando e dando forças para continuar.

A nossa família e amigos, que compreenderam todas as nossas noites fora de casa, finais de semanas perdidos por conta de estudos e desenvolvimento deste trabalho. Ter uma base consolidada em casa nos motivou em todos os momentos em que pensamos em desistir, com o apoio e a compreensão deles foram fundamentais para a finalização deste trabalho.

Ao professor Fernando, que nos auxiliou muito bem com o desenvolvimento, tivemos um pouco de receio sobre a orientação em formato híbrido, porém, nos surpreendemos com a taxa de resposta rápida, e sendo muito assertivo com suas colocações.

A ERZINGER INDUSTRIA MECÂNICA LTDA, que propôs e viabilizou a execução de todo o projeto em suas dependências, e que autorizou a utilização desse projeto nos cedendo todas as informações necessárias.

## REFERÊNCIAS

BAGNATO, V. S. Os fundamentos da luz laser. Física na escola, v.2 (2), 2001.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B. J. **Occupational Biomechanics**, 2nd Ed., New York: John Wiley & Sons, 1990.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653p.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Normas para apresentação de monografia**. 3. ed. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Biblioteca Karl A. Boedecker. São Paulo: FGV-EAESP, 2003. 95 p. (normasbib.pdf, 462kb). Disponível em: <[www.fgvsp.br/biblioteca](http://www.fgvsp.br/biblioteca)>. Acesso em: 23 set. 2004.

GASPAR, João Carlos Santos. **Optimização estrutural aplicada à melhoria da precisão de quinagem**. 2012. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the man**. London, Taylor & Francis, 1988.

GRANDJEAN, E., Design of VDT workstation in Salvendy, G., **Handbook of human factors**, New York: John Wiley & Sons, 1987. p. 1359-1397.

HESCHONG, L. Thermal delight in architecture. Massachusetts: MIT press, 1979.

Hibbeler, RC "**Mecânica dos Materiais**". Pearson, 2012.

IENH. **Manual de normas de ABNT**. Disponível em: <[www.ienh.com.br](http://www.ienh.com.br)>. Acesso em: 23 set. 2004.

LOTTI R. S. et al. **Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos**. Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial.

NUNES, L. D. P.; LOBO, A. C. O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

OLIVEIRA, N. M.; ESPINDOLA, C. R. **Trabalhos acadêmicos: recomendações práticas**. São Paulo: CEETPS, 2003.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia científica: abordagem teórico-prática**. 10. ed. ver. atual. Campinas, SP: Papyrus, 2004.

Project Management Institute. (2021). Guia PMBOK®: **Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos** (7ª ed.)

SolidWorks Corporation. "**Simulação Solidworks: uma solução de engenharia poderosa**". Corporação SolidWorks, 2020.