



PESQUISA APLICADA A PRODUTOS MECÂNICOS

Amabily Pablíane Fioratti da Costa⁽¹⁾, Julio Garcia da Silva Junior⁽¹⁾, Marcelo Teodoro Assunção⁽²⁾

RESUMO

Este projeto consiste na concepção e desenvolvimento de novas estruturas metálicas para mesas de tampo circular utilizadas em salas de estudos e na biblioteca do IFMG *Campus* Arcos. As mesas existentes estavam apresentando deformação e quebra em seus elementos estruturais. Através de método de análise de falhas, foram identificados os esforços que estavam causando falhas nas estruturas. A solução definida foi o projeto e concepção de novas estruturas, que sejam resistentes a estes esforços, utilizando os mesmos tampos circulares. Foram aplicados conceitos de design universal para o dimensionamento das novas estruturas. A fabricação envolve processos de corte, soldagem e acabamento em perfis de aço.

Palavras-chave: Análise de falha. Estruturas metálicas. Projeto mecânico. Soldagem.

1 INTRODUÇÃO

Nas dependências do IFMG, foram observados problemas nas mesas da Biblioteca e da Sala de Estudos. A estrutura de apoio, apresentada na Figura 1, é composta por um cilindro central e contém quatro barras transversais superiores e quatro barras transversais inferiores, que atuam como os pés das mesas.

Sob carregamento, devido ao design conceitual das estruturas originais, ocorre a formação de um momento fletor nas barras transversais superior e inferior. Estes esforços causam a deformação plástica das barras no ponto de união com a coluna central. Em alguns casos, a deformação severa levou ao rompimento do cordão de solda que une as barras laterais à coluna central.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Identificação do problema

Para identificar as possíveis causas da deformação e quebra dos pés das mesas foi utilizado o *diagrama de Ishikawa*.

(1) Estudantes bolsistas. Bacharelado em Engenharia Mecânica. IFMG *Campus* Arcos.

(2) Coordenador. Doutor em Engenharia Mecânica. IFMG *Campus* Arcos.

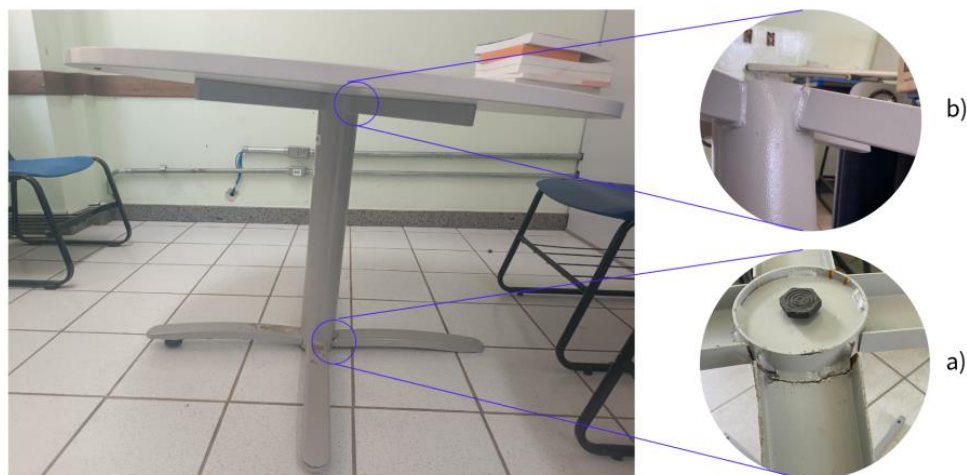


Figura 1 - Ilustração de situação de carregamento da mesa.

Fonte: Acervo próprio, 2025.

Segundo Oakland (1994), o diagrama de Ishikawa é uma forma útil e prática de se identificar as causas de um efeito. O diagrama consiste em uma seta principal (efeito) que possui diversas ramificações de possíveis causas, geradas através de *brainstorming*.

A partir da análise do diagrama de Ishikawa, foi preciso representar os esforços atuantes nos elementos das mesas em condições de utilização. Para visualizar estes esforços, foi feito o *diagrama de corpo livre* (DCL). Segundo Hibbeler (2010) e Shigley, Mischke & Budynas (2005), os DCL's representam uma maneira de dividir o problema em segmentos para melhor visualização, analisar cada problema separadamente e, novamente, reunir todas as informações.

2.2 Projeto e fabricação das novas estruturas para as mesas

Após a análise dos esforços, foram necessárias a elaboração de um novo projeto e a fabricação de novas estruturas, que apresentem resistência e rigidez aos esforços durante a utilização. A criação do modelo computacional e o estudo de condição de carregamento foi feita através o software *Autodesk Inventor*, a partir de licença de uso estudantil concedida pelo IFMG Campus Arcos. Para o projeto e confecção da estrutura, foi selecionado o perfil de aço SAE 1020, com dimensões de 60x60mm e 1,2mm de espessura de parede.

O dimensionamento das novas estruturas foi realizado de forma que o maior número possível de pessoal pudesse utilizá-las, em uma abordagem do conceito de *design inclusivo*, ou *design universal*. Segundo McAdams & Kostovich (2011) e Persson et al. (2015), o design inclusivo se relaciona com a criação de produtos para serem utilizados por todas as pessoas, respeitando a diversidade humana, sem a necessidade de adaptação ou design especializado.



Tal abordagem baseia-se em princípios como uso equitativo, flexibilidade de uso, uso simples e intuitivo e baixo esforço físico. As estruturas foram projetadas com dimensões para acomodar uma cadeira de rodas, de acordo com as dimensões especificadas pela Norma ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Como uma cadeira de rodas apresenta dimensões maiores que uma cadeira convencional de escritório, o dimensionamento atenderia a todas as situações.

Na etapa de fabricação das estruturas, foi empregado o processo de soldagem com eletrodos revestidos (Shielded Metal Arc Welding – SMAW). O processo é indicado para chapas de espessura de 3 a 40mm, sendo que para espessuras inferiores, o metal de base é facilmente perfurado devido a temperatura do arco (FELIZARDO, 2008).

Para soldar chapas finas, foi empregada a técnica de ponteamento, que consiste em fazer pontos de solda sequenciais com, aproximadamente, 50% de sobreposição entre curtos intervalos de tempo. Estes intervalos entre o arco aberto e o arco apagado permitem que o metal de base resfrie para que não ocorra a perfuração da chapa. A soldagem foi realizada com eletrodos E6013 de 2 mm, utilizando inversora de solda em corrente contínua com 50 amperes.

Para solucionar o desprendimento dos pés e garantir um melhor nivelamento da estrutura, foram parafusados e soldados pés de metal com altura regulável entre 1 e 4cm, que permitem nivelar os pontos de apoio da estrutura, garantir estabilidade e ajustar a altura da mesa de acordo com a necessidade.

2.3 Diagrama de Ishikawa e diagrama de corpo livre

Após a sessão de *brainstorming*, chegou-se no diagrama representado pela Figura 2 (a) com as possíveis causas do problema. A causa mais provável são os momentos fletores em virtude da geometria da mesa.

Para analisar a causa da deformação plástica na solda, esboçou-se os momentos das forças atuantes, representados na Figura 2 (b). Observa-se que, ao colocar algum peso P a uma distância D_p do centro, é gerada uma reação de apoio F_a a uma distância D_a . Logo, essas forças causam momentos fletores nas soldas dos pés e do apoio do tampo, causando quebra e deformação nas mesas, ilustrados na Figura 1.

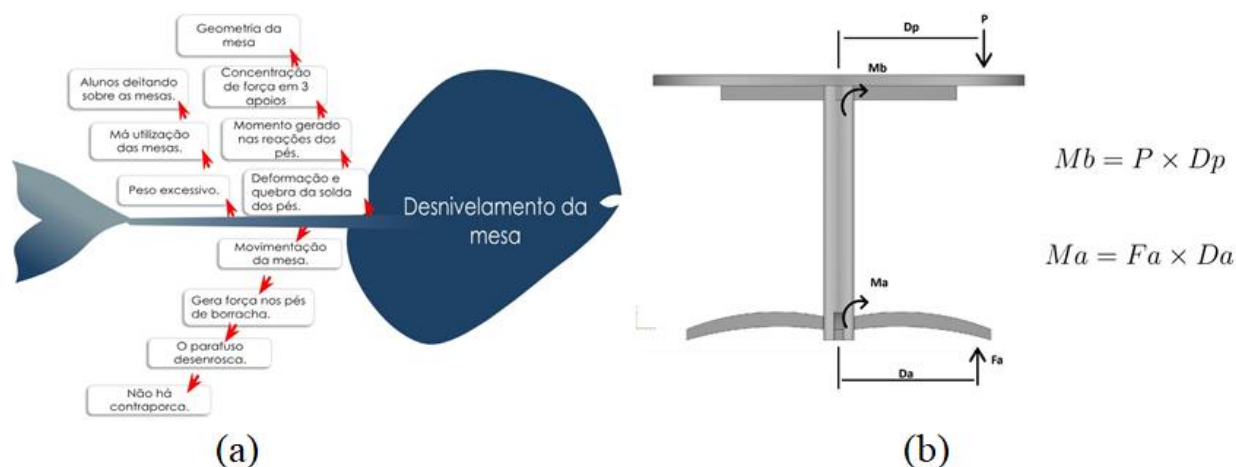


Figura 2 - (a) Diagrama de Ishikawa, (b) diagrama de corpo livre.

Fonte: Acervo próprio, 2025.

2.4 Modelo tridimensional e fabricação das novas estruturas

A nova estrutura foi projetada com quatro colunas de forma a eliminar os momentos fletores durante sua utilização, ilustrada na Figura 3 (a), (b) e (d). Foram soldados quatro pés de metalon, intertravados entre si por perfis adicionais. As soldas, produzidas empregando a técnica de ponteamto, puderam ser realizadas sem a perfuração da chapa do metalon, ilustrada na Figura 3 (c).

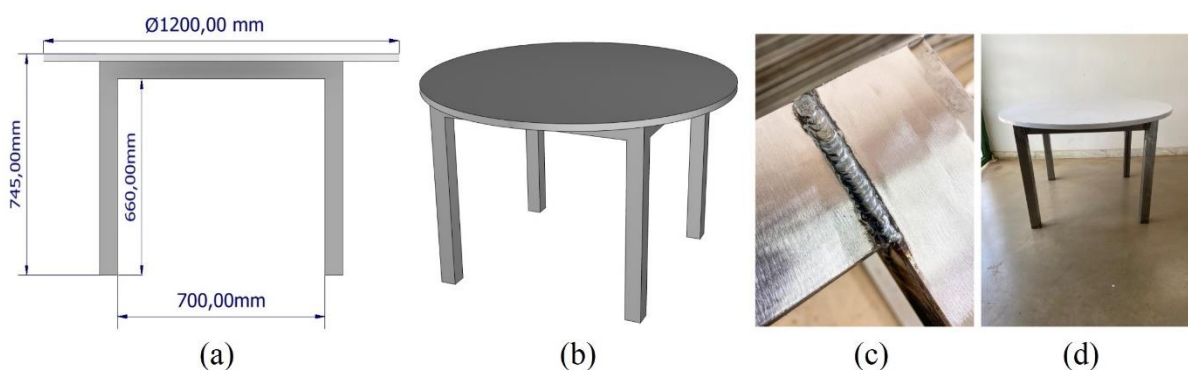


Figura 3: Projeto e fabricação das estruturas metálicas para as mesas. (a) Modelo computacional com cotas, (b) Vista panorâmica do modelo computacional, (c) Cordão de solda – ponteamto, (d) Mesa com o tampo circular.

Fonte: Acervo próprio, 2025.

3 CONCLUSÕES

A partir do diagrama de Ishikawa foi possível identificar as possíveis causas para a deformação e quebra das estruturas originais das mesas. Uma vez identificadas as causas, o



diagrama de corpo livre torna mais fácil a visualização dos esforços envolvidos e permite a criação de um novo projeto, considerando tais esforços desde sua concepção.

A criação do modelo computacional, feito através do software *Autodesk Inventor*, tornou a visualização do projeto final mais simples e rápida, permitindo que alterações sejam feitas sem a necessidade de construção de um modelo físico, o que otimiza o tempo e custos do projeto.

A fabricação das novas estruturas através da técnica de soldagem em ponteamto possibilitou que os cordões fossem feitos nos perfis de aço, apesar de apresentarem chapa relativamente fina (1,2mm). Com esta técnica, foi observado que cada ponto de solda começa a se solidificar antes que o próximo ponto seja feito, assim, foi controlada a quantidade de calor cedida à peça, evitando perfurações na chapa de aço.

As próximas etapas do projeto consistirão em acabamento das soldas, por processos abrasivos, pintura, fixação dos pés reguláveis e fixação do tampo circular por meio de parafusos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Terceira edição. 2015.

FELIZARDO, I. **Tecnologia da soldagem**. Belo Horizonte: Cefet-MG, 2008.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 7ª ed. 2010.

MCADAMS, D. A.; KOSTOVICH, V. A framework and representation for universal product design. **International journal of design**, v. 5, n. 1, 2011.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total**. Brasil: Nobel, 1994.

PERSSON, H.; AHMAN, H.; YNGLING, A. A.; GULLIKSEN, J. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects. **Universal access in the information society**, v. 14, n. 4, p. 505-526, 2015.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de engenharia mecânica**. Bookman, 2005.