UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES DE ELEMENTOS FINITOS VISANDO REDUÇÃO DE CUSTO NA FABRICAÇÃO DE UMA PRENSA HIDRÁULICA

Rafael Camargo de Moraes [1] (rafaelc_cmoraes@hotmail.com), Leandro Cardoso da Silva [2] (eng.lcdsilva@gmail.com)

[1] AUT Sistemas de Automação LTDA; Engenharia Mecânica
[2] SENAI Roberto Simonsen; Professor

RESUMO: *O estudo de caso apresentado é de uma prensa hidráulica de 20 toneladas que deve substituir uma estação obsoleta. Sendo assim, a área que deve ser ocupada é limitada pelo envelope da estação anterior. A prensa projetada foi dividida em duas partes, a base e a coluna principal. A prensagem do produto é interna, deste modo, durante a prensagem não pode haver grande deformação na estrutura, pois um desalinhamento acentuado pode fazer com que o êmbolo da prensa colida com o produto, o danificando e invalidando o processo. Para a coluna principal foram usadas duas chapas de 4 polegadas de aço SAE 1020 com reforço estrutural para diminuir a deformação. A base foi construída com intuito de suportar o peso da coluna e a carga de prensagem sem que houvesse uma grande deformação. Devido ao prazo curto para o projeto, fabricação e instalação da máquina o projetista teve pouco tempo para desenvolver uma estrutura robusta e otimizada. O objetivo desse trabalho é redesenhar a estrutura da prensa otimizando geometria das peças e a utilização de material.*

PALAVRAS-CHAVE: *PROJETO, PRENSA, ENVELOPE, CUSTO, ANSYS.*

USE OF FINITE ELEMENT SOFTWARE TO REDUCE COST IN THE MANUFACTURE OF A HYDRAULIC PRESS

ABSTRACT: *The case study presented is of a 20 ton hydraulic press that must replace an obsolete station. Therefore, the area that must be occupied is limited by the envelope of the previous station. The designed press was divided into two parts, the base and the main column. The pressing of the product is internal, therefore, during pressing, there cannot be great deformation in the structure, as a sharp misalignment can cause the press plunger to collide with the product, damaging it and invalidating the process. For the main column, two 4-inch SAE 1020 steel plates were used with structural reinforcement to reduce deformation. The base was built with the intention of supporting the weight of the column and the pressing load without major deformation. Due to the short timeframe for designing, manufacturing and installing the machine, the designer had little time to develop a robust and optimized structure. The objective of this work is to redesign the structure of the press, optimizing the geometry of the parts and the use of material.*

KEYWORDS: *PROJECT, PRESS, ENVELOPE, COST, ANSYS.*

1. INTRODUÇÃO

O projeto da prensa que será analisada nesse artigo foi criado para substituir outra prensa de carga menor que já estava em funcionamento na linha de montagem. Devido a substituição apenas dessa estrutura, o envelope disponível para o projeto era o mesmo da máquina antiga, não havendo espaço para uma estrutura muito diferente da já existente.

Os parâmetros para o projeto exigiam que a nova prensa deve exercer a carga de 20 toneladas em uma prensagem interna na peça, em função disso uma deformação acentuada poderia colidir o êmbolo da prensa com o produto, danificando-o e invalidando o processo. A fim de evitar esse cenário o deslocamento máximo na base do êmbolo da prensa foi fixado em 2mm e o deslocamento na base não pode superar 0,5 mm. Além disso, deve acomodar uma garra que, após a prensagem, irá segurar a peça, levantá-la do palete, rotacionar 180° e posicioná-la novamente no palete. Para isso deve existir um espaço interno para acomodar todos os componentes desse sistema.

Por motivo de um prazo curto, decidiu usar duas chapas de 4 polegadas de espessura como estrutura principal da coluna, acrescentando reforços internos para evitar uma deformação acentuada. Porém, por falta de uma ferramenta eficiente para medir os esforços e a deformação da estrutura na fase de projeto, o equipamento ficou extremamente robusto e, por consequência, superdimensionado.

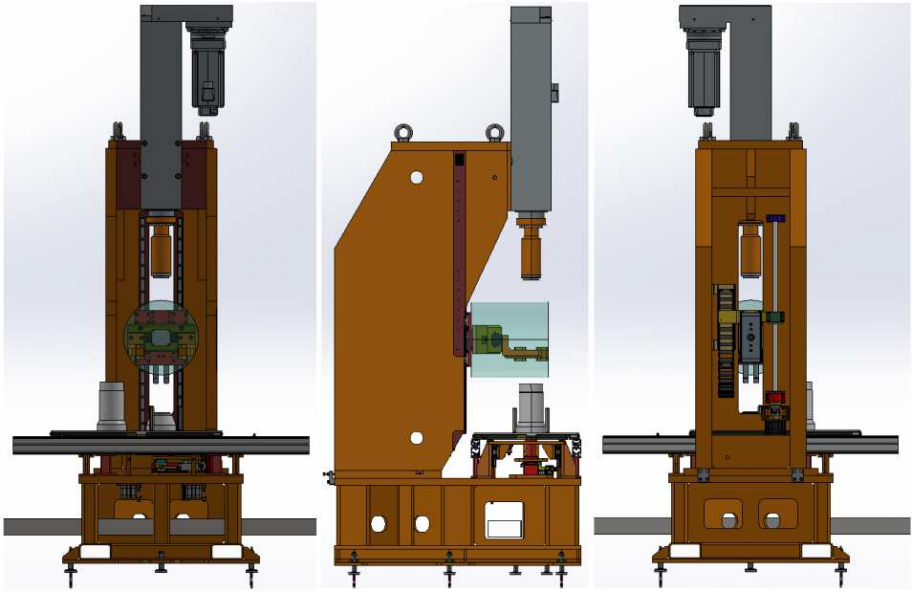
O objetivo do artigo é apresentar o projeto da prensa original e seu comportamento durante o funcionamento e, através da utilização do método dos elementos finitos e de otimização topológica, reduzir o uso de material, melhorar a geometria da estrutura e manter o projeto dentro dos parâmetros estabelecidos para seu funcionamento, reduzindo o custo com material e usinagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material selecionado para a estrutura da base e da coluna da prensa foi o SAE 1020, devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade no mercado em relação a outros materiais. As dimensões da base são de comprimento 1500 mm, largura de 1200 mm e altura de 531 mm. A coluna possui as seguintes dimensões, comprimento de 1071,5 mm, largura de 820 mm e altura de 2040,8 mm.

Na Figura a seguir é possível visualizar a prensa com todos os componentes montados, incluindo todo o sistema da garra, a esteira de transporte e a prensa Kistler.

FIGURA 1. Prensa com todos os componentes.

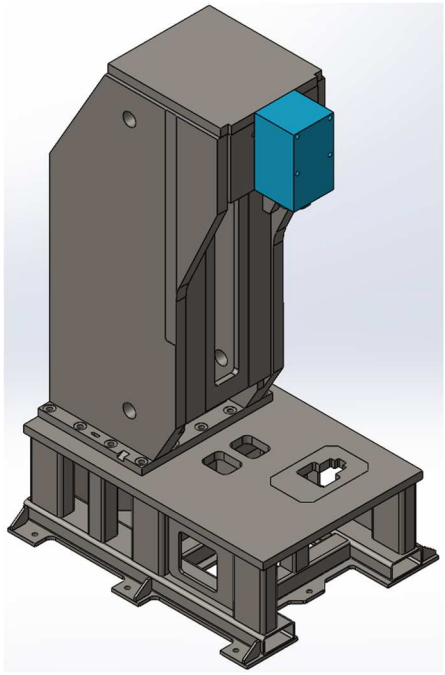


Fonte: autor (2023)

2.1. Simplificação e simulação

O modelo teve que ser simplificado, focando apenas na parte estrutural, para isso foi retirado a esteira e seus componentes e todo o sistema da garra. Apenas a base, a coluna e a prensa, que foi inserida de forma representativa, que serão importantes para simulação foram mantidos, como pode ser visto na Figura a seguir.

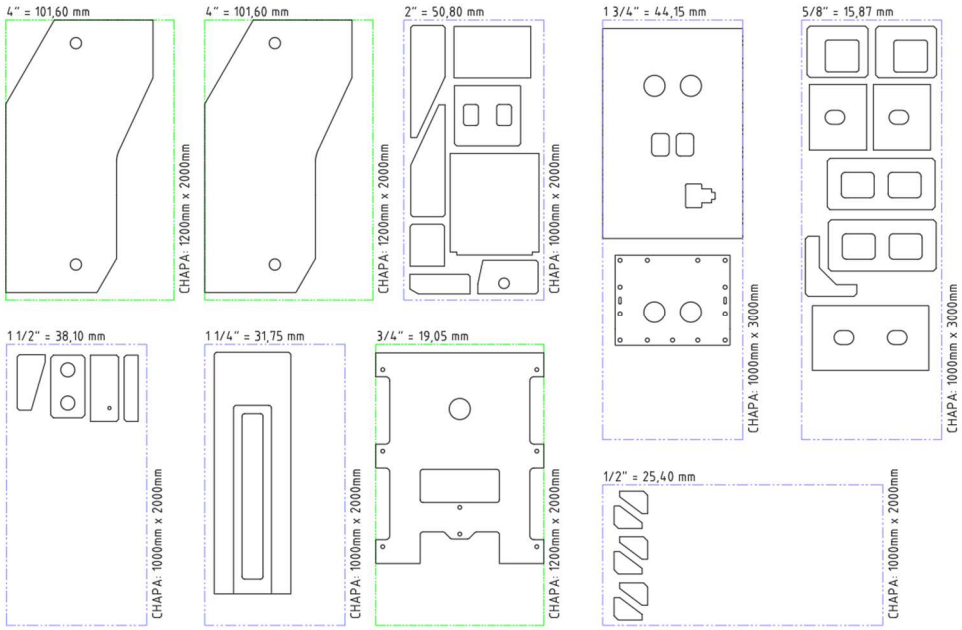
FIGURA 2. Modelo da prensa simplificado.



Fonte: autor (2023)

Outro ponto importante que deve ser observado no projeto original é a quantidade de itens utilizado na fabricação das estruturas e suas dimensões. Na Figura a seguir foi feito um estudo de distribuição dos componentes da coluna e da base em chapas padronizadas, segundo o catálogo da Arcelor Mittal (2017).

FIGURA 3. Distribuição das peças em chapas.

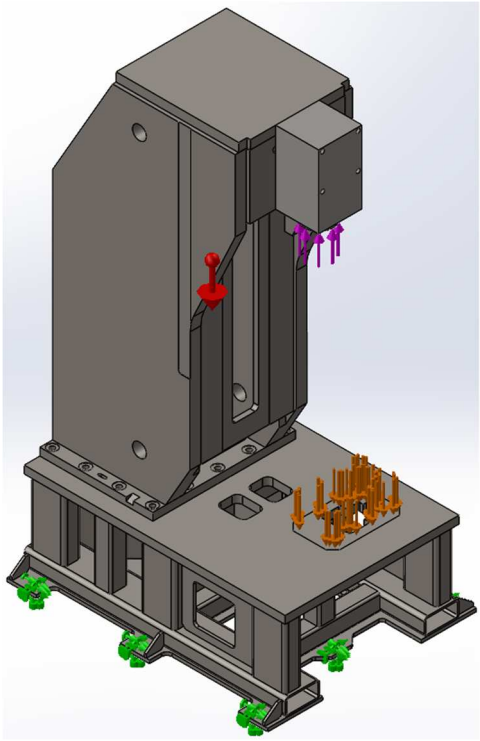


Fonte: autor (2023)

Nessa imagem é possível visualizar a quantidade de reforços que foram inseridos na estrutura para garantir a robustez da estrutura.

A distribuição de força na estrutura será baseada na carga de 200 kN que a prensa exerce na base e sua resultante que afeta a coluna. Devido a massa da estrutura ser de 4495,8 kg, não é possível ignorar a ação da gravidade no modelo, como é possível ver na Figura a seguir. Utilizando o método dos elementos finitos podemos visualizar o comportamento da estrutura e saber se atende os requisitos de projeto.

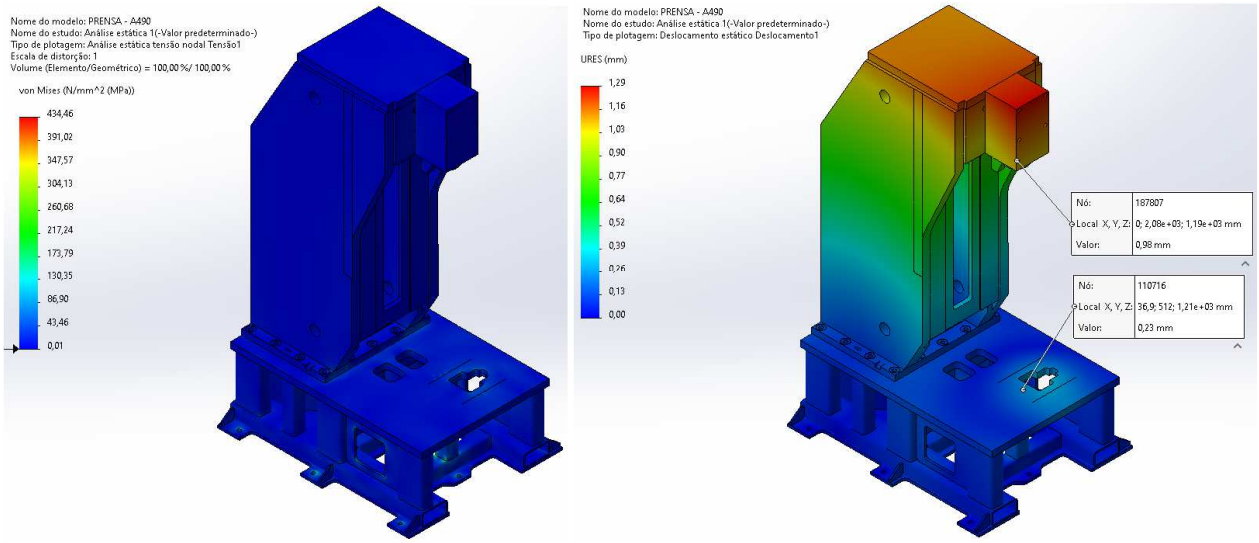
FIGURA 4. Distribuição de cargas na estrutura.



Fonte: autor (2023)

Foi utilizado o SolidWorks para simular a tensão (MPa) e a deformação (mm), com as seguintes configurações. Malha sólida baseada em curvatura, 16 pontos Jacobianos, 195372 nós, 100414 elementos. O resultado da simulação pode ser visualizado a seguir.

FIGURA 5. Resultado da tensão e deformação para carga de 200 kN.

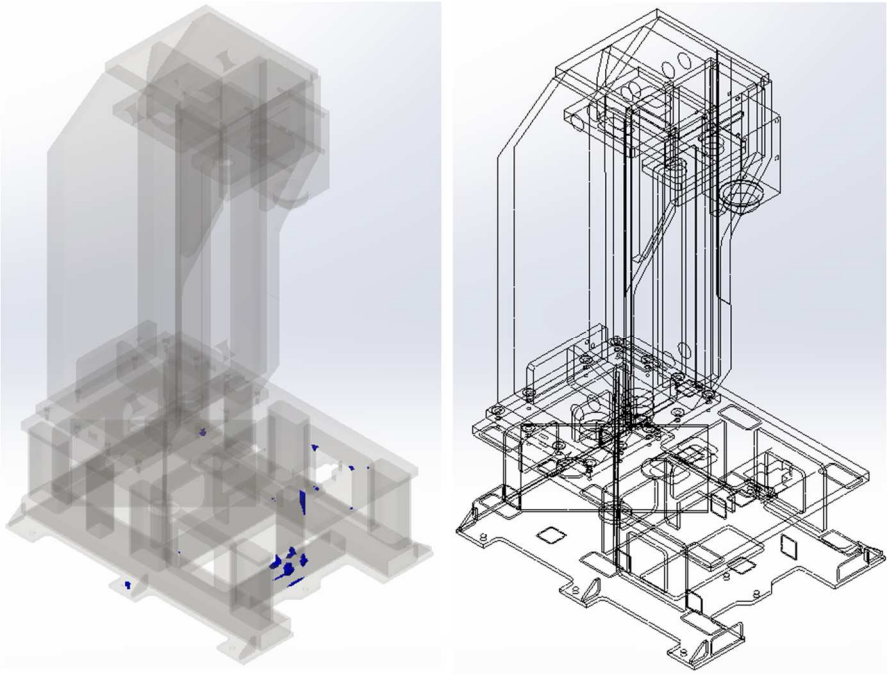


Fonte: autor (2023)

A deformação na base para a carga de 200 kN (20 ton) é de 0,23 mm, ficando dentro da deformação estipulada de 0,5 mm, a deformação total da coluna é de, aproximadamente 1,00 mm na base do êmbolo da prensa, também ficando abaixo do exigido, que é de 2,0 mm. Sendo assim, existe margem para alterações, retirada de material e mudança de geometria.

É observado que a tensão máxima que a estrutura está sujeita é de 434,46 MPa, acima da tensão de escoamento do SAE 1020 laminado que é de 360 MPa. Utilizando a ferramenta percepção de projeto do Solidworks é possível visualizar que a principal região que sofre um estresse relevante é a base da prensa, no local onde suporta a carga de 200 kN. Observando apenas os pontos que ficaram acima da tensão de escoamento é percebido que são apenas arestas de contato e podem ser ignorados já que a estrutura não está sobrecarregada.

FIGURA 6. Área com esforços acima da tensão de escoamento.



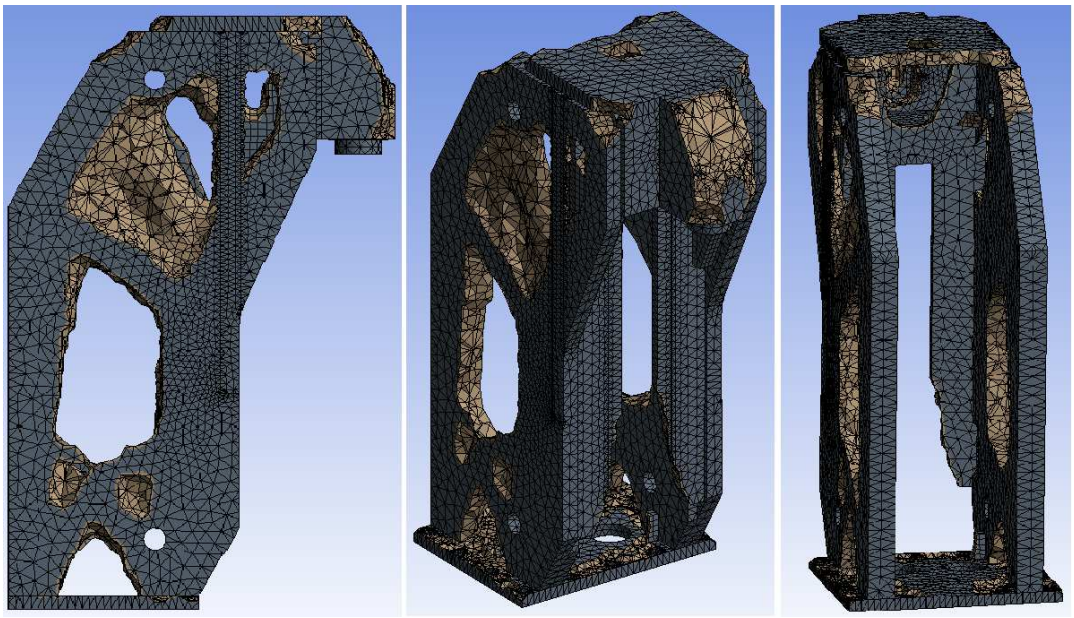
Fonte: autor (2023)

É visível que a estrutura não sofre com a carga, já que a principal função de sua robustez é impedir que haja uma deformação acentuada que inviabilizaria sua operação. Porém existe margem para redução de material e melhoria de geometria, tanto da base quanto da coluna.

2.2. Análise topológica e alterações na estrutura

Inserindo os dados no software Ansys e utilizando otimização de topologia para reduzir 35% da massa na estrutura da coluna e da base, os seguintes resultados foram obtidos.

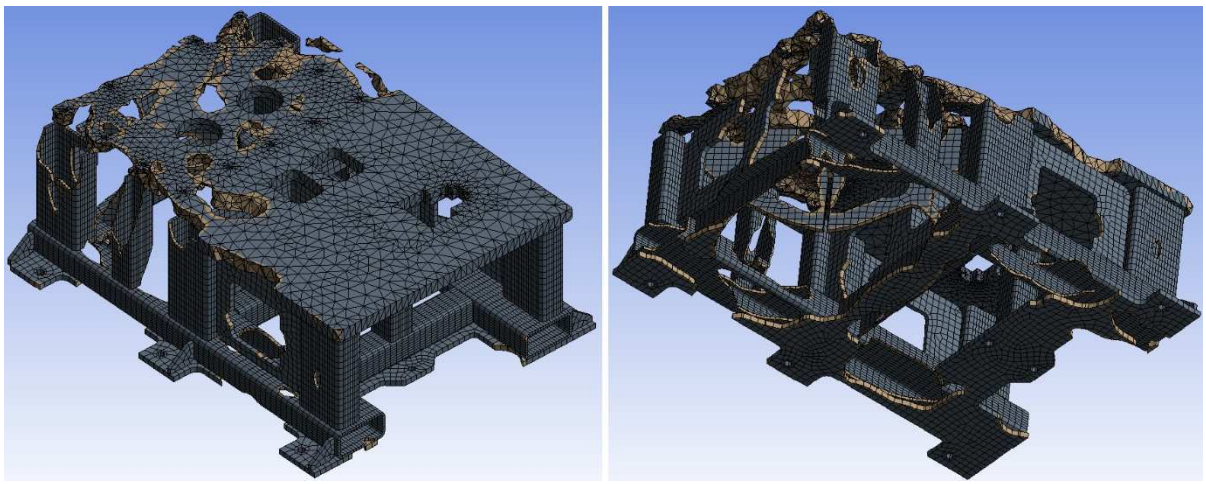
FIGURA 7. Estudo de otimização topológica na coluna com 35% de retirada de material.



Fonte: autor (2023)

A coluna teve alívios nas chapas estruturais laterais e remoção quase completa dos reforços estruturais internos, tanto em sua base quanto na área superior.

FIGURA 8. Estudo de otimização topológica na base com 35% de retirada de material.



Fonte: autor (2023)

A base teve grande diminuição de material na chapa de sua base e na estrutura que suporta e serve como ancoragem da coluna.

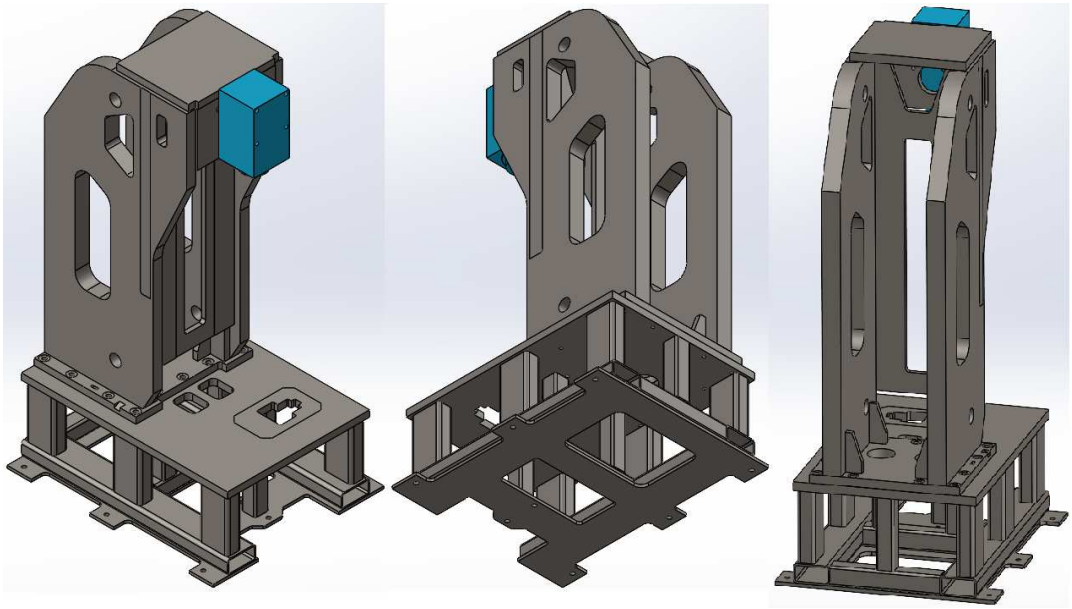
3. RESULTADOS

Baseado na análise topológica gerada pelo Ansys, foi possível modificar a estrutura de forma precisa, pois as áreas com menor importância já foram mapeadas pelo software. As alterações na coluna foram focadas na retirada de toda estrutura interna, deixando as duas chapas laterais de 4 polegadas como as únicas estruturas para absorver a carga. A base das chapas foi alargada, diminuindo o chanfro das colunas e aumentando o momento de inércia e sua largura total foi diminuída para 1000 mm, reduzindo a largura da chapa necessária para sua fabricação de 1200 mm para 1000 mm. Foi retirado material da área central das colunas, deixando o perfil condizente com os resultados obtidos na simulação dos Ansys, reduzindo o peso da estrutura sem afetar sua capacidade estrutural. Devido a alteração na largura da chapa a estrutura deve ser reposicionada para compensar a distância de 50 mm da prensa do ponto de prensagem e houve alteração na base da coluna.

Ainda seguindo os resultados da topologia do Ansys, as alterações na base foram focadas na retirada das chapas utilizadas como estrutura em seu interior e substituídas, quando necessário, por tubos de aço 100x100x6 mm. Foi feito um alívio no assoalho da base retirando material que não servia de estrutura, aliviando peso sem afetar a parte estrutural. Devido ao reposicionamento da coluna a base foi encurtada em 50 mm em seu comprimento.

O material de fabricação foi mantido como SAE 1020 e os pontos de ancoragem foram mantidos os mesmos para facilitar a instalação.

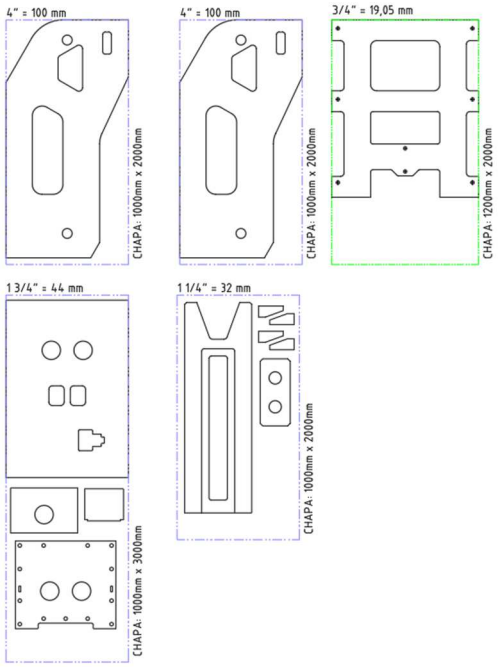
FIGURA 9. Estrutura remodelada utilizando otimização topológica.



Fonte: autor (2023)

Depois das alterações é possível fazer um estudo de utilização de chapas, assim como foi feito com a estrutura da prensa original. Na Figura a seguir nota-se que para fabricar uma nova prensa será utilizado muito menos material do que no projeto original.

FIGURA 10. Distribuição das peças em chapas padronizadas.



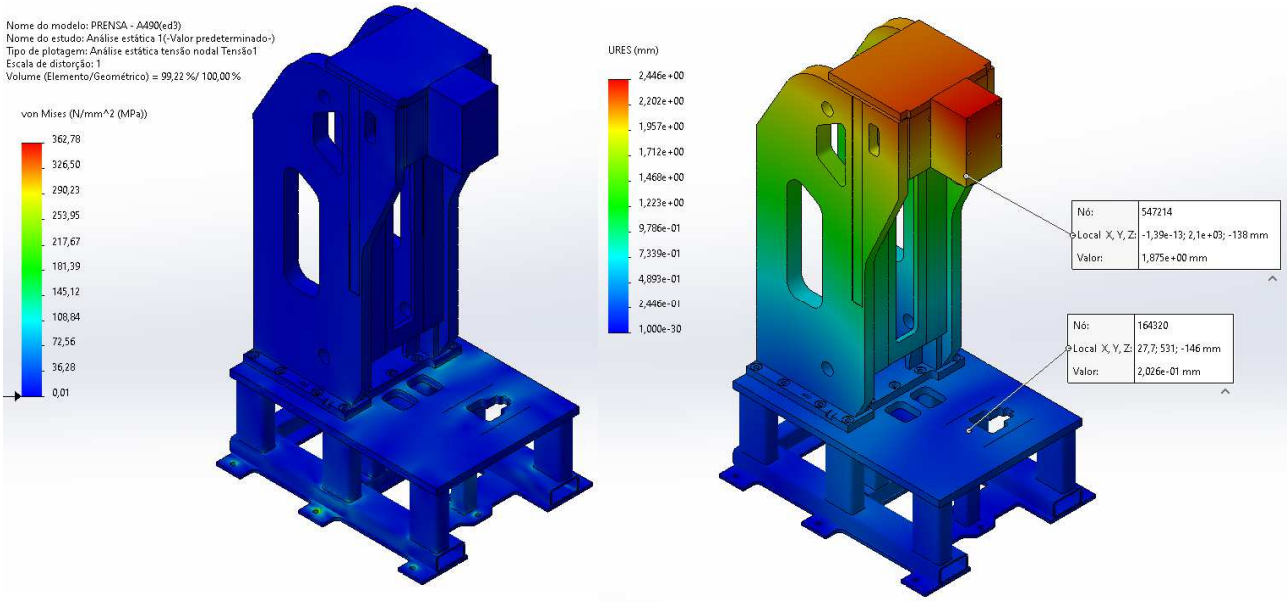
Fonte: autor (2023)

Algumas peças tiveram a espessura modificada para melhor aproveitamento das chapas, porém como será demonstrado, não houve comprometimento estrutural.

Após as alterações a estrutura que anteriormente pesava 4495,8 kg passou para 3399,7 kg, ambos sem a prensa. Sendo assim, houve uma redução de 24,4% em sua massa e, consequentemente, no material utilizado.

As modificações exigem uma nova simulação para conferir se a tensão e deformação estão dentro dos parâmetros do projeto.

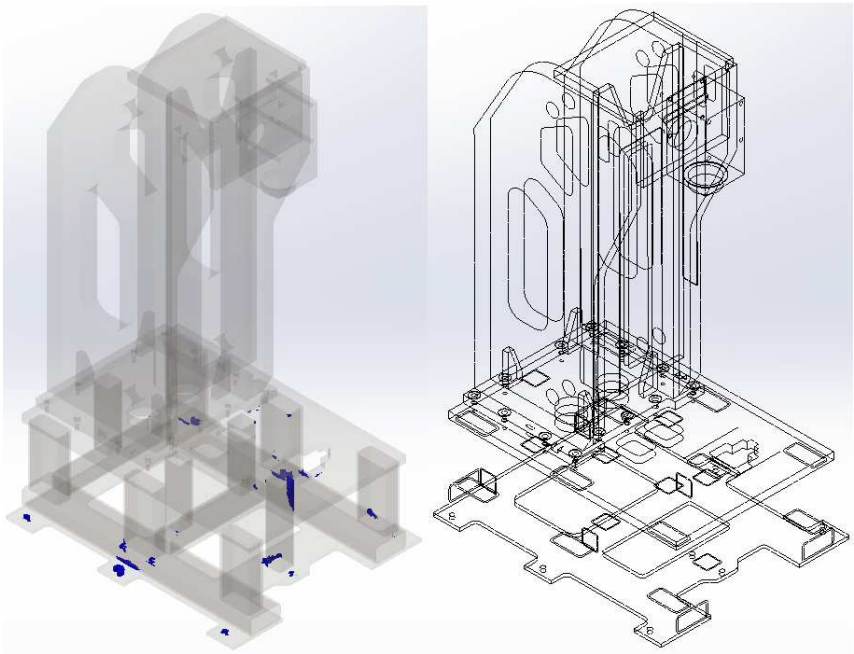
FIGURA 11. Resultado da tensão e deformação para carga de 200 kN na estrutura otimizada.



Fonte: autor (2023)

Novamente é observado que a tensão máxima no conjunto está pouco acima da tensão de escoamento do material, aço SAE 1020, que é de 360 MPa. Nesse caso será utilizado a ferramenta de percepção de projeto em conjunto com um filtro para observar os pontos de maior tensão para melhor análise do resultado.

FIGURA 12. Área com esforços acima da tensão de escoamento na estrutura otimizada.



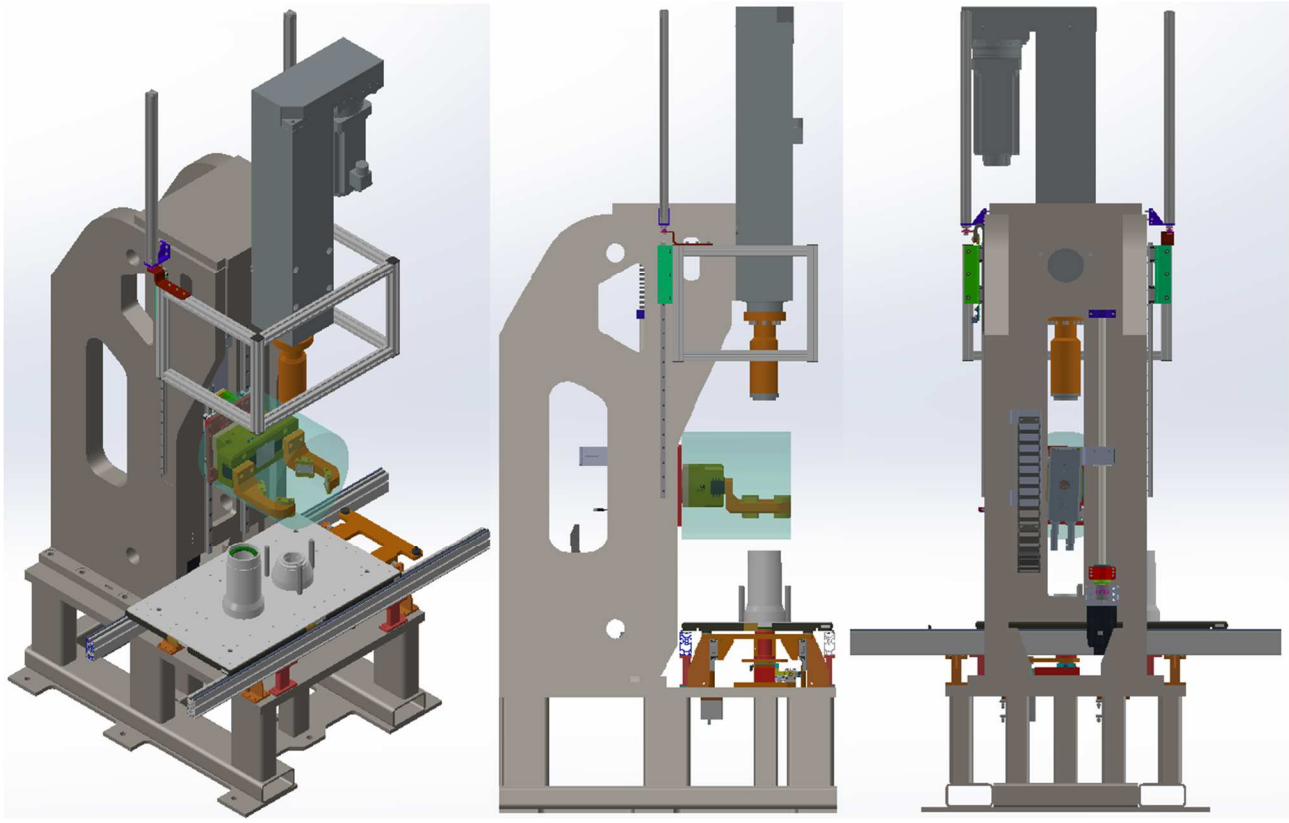
Fonte: autor (2023)

Os resultados indicam que não há nenhum ponto de concentração de tensão que possa afetar a estrutura. Sendo assim é possível afirmar que a as alterações foram bem-sucedidas no quesito tensão e deformação.

A base, no local da prensagem, está deslocando 0,22 mm, não havendo uma mudança significativa antes e depois das alterações, lembrando que o limite de deformação para esse ponto é de 0,5 mm. A coluna está com deformação máxima de 1,96 mm, ficando dentro do limite máximo de deslocamento estipulado no projeto, que é de 2 mm.

Após as alterações é necessário remontar o modelo com os componentes e verificar se não há nenhuma colisão entre a estrutura com a esteira e a garra. Conforme a Figura a seguir é possível visualizar que as alterações não comprometeram o posicionamento tanto da garra como a esteira.

FIGURA 13. Estrutura remontada com esteira e garra.



Fonte: autor (2023)

4. CONCLUSÕES

Devido aos prazos estipulados no mercado de trabalho e a falta de utilização das ferramentas especializadas é muito comum projetar estruturas superdimensionadas para reduzir o risco que mesma não atenda os requisitos do projeto.

Os softwares de elementos finitos se tornam uma ferramenta de extrema importância, não apenas para melhoria constante de um produto padronizado, mas também para peças especiais que serão fabricadas apenas uma vez.

Como visto nesse artigo, a falta de uma ferramenta especializada para projetos gerou uma estrutura superdimensionada, onde boa parte da estrutura afetava pouco ou nada em seu desempenho, apenas se tornando mais custoso sua fabricação. Sabendo os parâmetros do projeto e utilizando o método dos elementos finitos foi possível reduzir em quase 25% a massa da estrutura, resultando e mais de uma tonelada do peso final, mantendo sua funcionalidade.

Fora a redução de massa, foi possível alterar a geometria das chapas das estruturas e reduzindo a espessura de algumas peças, gerando economia de material e melhor aproveitamento da matéria prima, o que interfere diretamente no custo final do projeto.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

ARCELOR MITTAL – Chapas/Tiras/Blanks/Rolos. 2017.

AGRADECIMENTOS.

Agradeço à Khadija minha namorada, esposa e amiga por cobrir meus turnos de afazeres em casa e me dar apoio quase incondicional para que eu pudesse estudar e me dedicar à esse trabalho, aos meus pais por acreditarem no meu potencial e nunca desistirem de apoiar meus estudos, aos meus professores Leandro e Pestana por aulas fantásticas que mudaram a maneira que eu enxergava como um projeto deve ser feito e aos meus colegas de sala por fazerem aulas de sábado de manhã serem prazerosas e divertidas.