

MELHORIA APLICADA AO PROJETO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAIXA DE CARGA COMPOSTA POR TAMPAS METÁLICAS DE IMPLEMENTO RODOVIÁRIO

Lucas Lucio dos Santos¹

Daniel Fritzen²

Resumo: O mercado de implementos rodoviários tem demonstrado cada vez mais sua importância, principalmente no Brasil e na maioria dos países da América do Sul, logo, a busca por melhorias contínuas nos produtos oferecidos é indispensável para manter-se competitivo em um mercado tão aquecido. É possível observar com certa frequência a importância do transporte rodoviário no Brasil, devido ao fato da sociedade estar em constante exposição a este setor fundamental no abastecimento das cidades. Alguns implementos buscam um melhor aproveitamento do volume de carga como por exemplo um furgão em alumínio ou furgão com laterais em lona. O Transporte de grãos exige robustez e o máximo de leveza possível, uma vez que o frete incide sobre a carga líquida transportada, motivo este da escolha pelo segmento de carga aberta com tampas metálicas a ser analisado neste trabalho, que visa a observação de possíveis pontos de corrosão, associados a dificuldades de montagem e defeitos de pintura. A análise foi realizada levando-se em consideração processos produtivos como corte térmico, dobra de chapas, soldagem e pintura, pois, são processos de fabricação que interferem diretamente nas escolhas que foram tomadas quanto ao modelo 3D via CAD realizado e validado por meio do uso de elementos finitos. Ao longo do projeto foi possível aferir bons resultados a respeito da proposta de mudança de perfis dobrados da estrutura da tampa por perfis tubulares comerciais, demonstrando melhorias no que diz respeito a tensão, deformação, peso e custo, tornando-se uma alternativa viável para os pontos apontados para melhoria.

Palavras-Chave: Transporte Rodoviário. Implementos. Granel. Tampa. Metálica.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. Ano 2021-2. E-mail: lucassantos97_@outlook.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC. E-mail: daniel.fritzen@satc.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Pode-se observar diariamente a importância do transporte rodoviário no Brasil, uma vez que a sociedade está exposta com grande frequência a este setor fundamental no abastecimento das cidades, desde os consumíveis da população à matéria prima das grandes indústrias.

Estima-se que, dentre as grandes potências mundiais, o Brasil tenha o maior modal rodoviário, aproximadamente 58% do transporte de cargas e passageiros é realizado por rodovias, sendo que, no que diz respeito ao transporte de cargas, há um valor aproximado de 75% por malha rodoviária, restando 25% distribuídos entre vias marítimas, aéreas, ferroviárias, cabotagem e hidrovias segundo o portal G1 (2018)

Há diversos tipos de implementos rodoviários, dentre eles os do tipo carga aberta, que transportam carga seca ou carga à granel, como por exemplo chapas de aço e grãos de soja, e neste segundo exemplo a caixa de carga é fundamental para conter o material transportado.

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), as atividades que envolvem o transporte representam a maior parcela do setor de serviços no país, cerca de 29,3% do total (CNT, 2015), e mesmo com a crise econômica que o Brasil sofreu com a recessão do Produto Interno Bruto (PIB) o setor de implementos se manteve estável, devido ao aumento do agronegócio.

No mercado interno, geralmente utilizam-se caixas de carga aberta em ACM (material composto de alumínio e polietileno) ou compensado naval, porém pensando numa alternativa para o setor de implementos, o fortalecimento do mercado externo se tornou uma boa opção, desenvolvendo cada vez mais produtos voltados a necessidade do transporte em outros países da América do Sul, como é o caso do semirreboque com caixa de carga composta de tampas metálicas.

Antes de se considerar a competitividade do setor de implementos, deve-se definir alguns conceitos de forma breve, sendo estes o Peso Bruto Total Combinado (PBTC), a tara, a carga paga e a Combinação Veicular de Carga (CVC).

Quanto ao CVC, pode-se citar o conjunto de cavalo trator e implemento rodoviário como exemplo, a tara é justamente o peso deste conjunto vazio, o PBTC é o limite definido pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) que cada tipo de

CVC pode transportar, e a carga paga ou carga líquida é a diferença entre o PBTC e a tara do conjunto.

Quanto mais leve for o implemento, considerando-se um peso padrão para o cavalo trator, mais carga será possível carregar, sendo este o principal ponto quando se trata de implementos, o cliente busca um produto com qualidade construtiva e de projeto, resistente, robusto, porém de nada adianta se não for leve e garantir a maior carga paga possível para cada viagem, considerando o segmento das cargas abertas já citadas acima.

Alguns outros segmentos buscam um melhor aproveitamento do volume de carga, como por exemplo um implemento furgão em alumínio ou furgão com laterais em lona, porém será considerado o segmento de carga aberta com tampas metálicas.

Tem-se como objetivo desenvolver uma melhoria aplicada a projeto e processo de fabricação em uma tampa metálica que compõe a caixa de carga de um implemento rodoviário utilizado para transporte de grãos e cargas secas em geral, visando diminuir defeitos de pintura e possíveis pontos de corrosão, buscando manter ou melhorar suas características como valor de tensão e deformação, peso do produto e o valor de fabricação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a fabricação das tampas metálicas, deve-se considerar alguns passos necessários e descritos nesta sessão.

É de suma importância antes de realizar alterações no projeto e processo de fabricação das tampas metálicas compreender os conceitos no qual ela é desenvolvida, uma vez que tendo este conhecimento pode-se apontar de fato melhorias.

2.1 CAIXA DE CARGA DE IMPLEMENTOS CARGA ABERTA

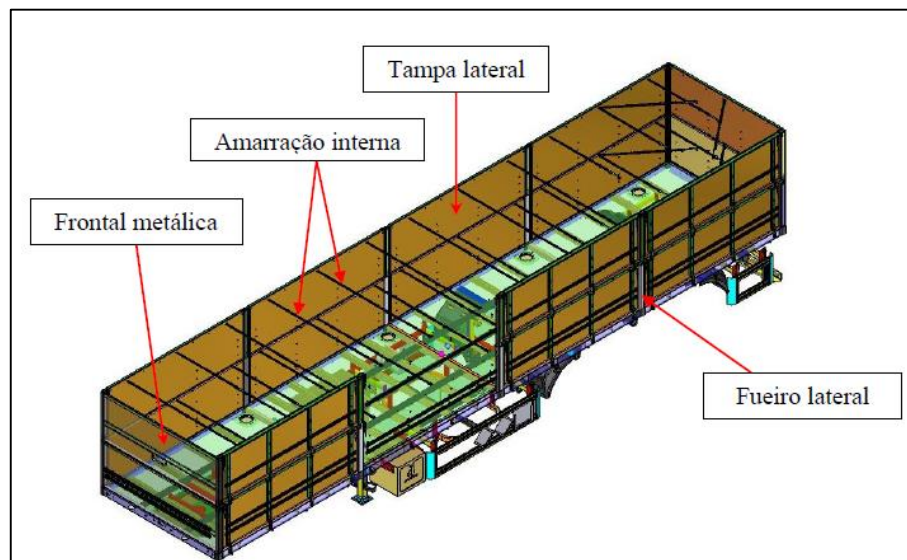
Segundo Boaretto (2012), a caixa de carga de implementos do tipo carga aberta, abordados neste projeto, não é do tipo autoportante, logo, não há colaboração estrutural para resistência do chassi, diferente de outros tipos de implementos.

Dando continuidade ao raciocínio de Boaretto (2012), no caso do semirreboque do tipo carga aberta, a caixa de carga tem como única função comportar a carga transportada garantindo sua vedação.

Pode-se dizer que a caixa de carga é formada por módulos laterais de estancamento da carga, porém, a estrutura das tampas e o seu princípio de montagem não garantem a resistência necessária para contenção da carga. Faz-se necessário agregar um sistema de amarração interna por correntes, que interligue a lateral esquerda e a lateral direita, cuja função é evitar deformações da caixa de carga provenientes da pressão dos grãos (BOARETTO, 2012, p. 46).

A seguir, é possível identificar na Fig. 1, um implemento do tipo graneleiro de tampas altas (tampa inferior e superior) com sistema de amarração interno, exemplificando a forma como é estruturada a caixa de carga dos implementos do tipo carga aberta, identificando também a tampa frontal e os fueiros que servem de pontos de fixação além do perfil lateral do chassi.

Figura 1: Caixa de carga de implemento do tipo carga aberta.



Fonte: Boaretto (2012)

2.2 PROCESSO DE CORTE A LASER DAS CHAPAS

Atualmente as tampas metálicas possuem em sua fabricação um processo de corte térmico a LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou seja, Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação).

Segundo Dias (2015), o corte a LASER tem sido adotado com grande frequência na fabricação de peças, tanto na indústria quanto no meio acadêmico, tendo em vista que se trata de um método versátil e aplicável a uma grande quantidade de materiais, aliado a uma rigorosa tolerância dimensional e uma capacidade de fabricação de peças com geometrias complexas, dentre os materiais pode-se citar metais, madeiras, polímeros e têxteis.

A seguir, tem-se na Fig. 2 uma imagem que exemplifica a aplicação do corte a LASER em chapas metálicas.

Figura 2: Corte a LASER em chapas metálicas.



Fonte: Ravicorte (2021)

2.3 PROCESSO DE DOBRA DOS PERFIS EM CHAPA

Existem três principais perfis estampados que fazem parte da estrutura da tampa metálica, estes são manufacturados através da execução de uma dobra em chapa de aço.

O dobramento é o tipo mais comum de operação de estampagem de chapas, sendo uma etapa independente de processamento do material ou uma das etapas de deformação plástica em outros processos de conformação mecânica. Nesta operação, segmentos retos do corpo plano (chapa) são transformados em curvos com o auxílio de ferramentas específicas (QUADROS, 2020, p. 15).

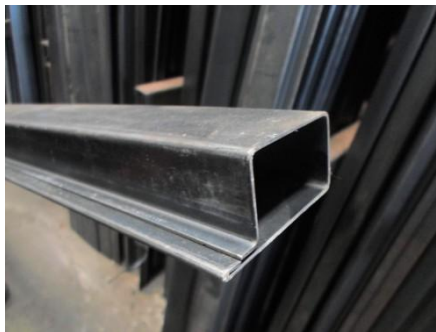
Para maior compreensão deste processo é possível exemplificar o resultado da dobra dos perfis nas figuras 3, 4 e 5.

Figura 3: Perfil U dobrado em chapa.



Fonte: Rossetti (2021)

Figura 4: Perfil fechado dobrado em chapa.



Fonte: Soluções Industriais (2021)

Figura 5: Perfil especial dobrado em chapa.



Fonte: Beka (2021)

Os perfis demonstrados nas figuras 3, 4 e 5 são exemplos de perfis que são manufacturados buscando atender alguma demanda no processo de fabricação

voltado para o setor metal mecânico, dentre as maneiras para obtenção dos mesmos pode-se citar a utilização de dobradeiras puramente mecânicas ou hidráulicas, assim como por prensas hidráulicas de uso geral com utilização de matriz de dobra, sendo que um conjunto de perfis ordenados da forma correta resultam na estrutura ou como é comumente chamada “ferragem” da tampa.

Estes pontos apresentam problemas como retenção de granalha de aço e pontos de corrosão que serão esclarecidos no decorrer deste artigo, e parte da proposta de solução é a substituição destes perfis dobrados por perfis tubulares comerciais, o que também será detalhado em um momento futuro.

No que diz respeito aos esforços envolvidos, pode-se destacar o esforço necessário para realizar a dobra, onde segundo Benazzi Junior (2012) podemos definir a força necessária através da Eq. 1:

$$P = \frac{2 \cdot lb \cdot e^2 \cdot \sigma_d}{3 \cdot la} \quad (1)$$

Onde:

P = Força de dobra (Kgf)

lb = Comprimento da dobra (mm)

la = Abertura da matriz (mm)

e = Espessura da chapa (mm)

σ_d = Tensão de dobra (Kgf/mm²)

Ainda segundo Benazzi Junior e Caversan (2012), sempre deve-se observar o raio mínimo na dobra interna, determinando-o através de parâmetros como espessura da chapa e o material em que é estampado o perfil de dobra.

Outro fator que influencia na qualidade de um perfil dobrado é o retorno elástico, que assim como o raio mínimo citado anteriormente também é afetado pelo material escolhido.

Segundo Barbosa (2009), após cessar a aplicação de força de dobra, a mesma terá um retorno em função de suas características dúcteis, afetando diretamente o raio de dobra e o ângulo formado entre os planos da chapa, sendo assim, deve-se analisar o raio após o retorno para fins de conformidade atendendo as tolerâncias e necessidade de cada modelo de perfil.

2.4 PROCESSO DE SOLDAGEM DAS CHAPAS

A união dos perfis citados anteriormente a chapa que de fato atua como barreira para os grãos e feita através de pequenos cordões de solda através do processo de soldagem MIG/MAG, ambos possuem imensa semelhança, tendo como principal diferença o tipo de gás utilizado.

Atualmente, o processo MIG/MAG é uma das técnicas de soldagem mais utilizadas porque apresenta alta produtividade aliada a fácil e simples utilização podendo ser aplicada em juntas de simples geometrias, desde cordões de solda sobre uma chapa até em geometrias complexas com grande responsabilidade estrutural como soldas submersas e chassis (...), esse processo é vastamente utilizado, principalmente por apresentar elevadas taxas de produtividade, boa qualidade do cordão de solda e custos considerados admissíveis.

Esse processo vem sendo utilizado há décadas e graças às qualidades apresentadas fazem com que o processo MIG/MAG seja um processo muito competitivo nos dias atuais (...).

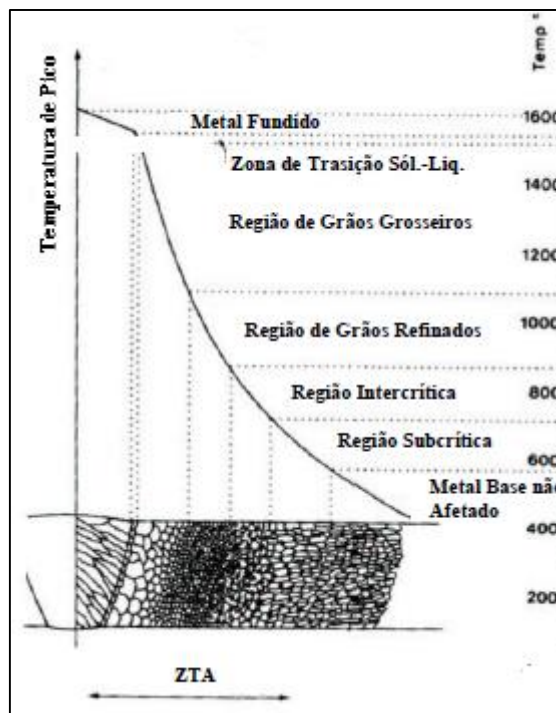
O processo MIG/MAG foi patenteado em 1930 por Hobart e Devers, contudo foi em 1948 que esse processo foi utilizado em âmbito comercial, pois desde essa data começou a ser utilizado com gás de proteção inerte. Lembrando que a nomenclatura MIG/MAG é um acrônimo do inglês de *Metal Inert Gas* (MIG) e de *Metal Active Gas* (MAG), (...) o processo MIG/MAG consiste do arco elétrico entre a peça e um eletrodo, sendo este totalmente consumível, e a proteção da poça de fusão é dada através de um gás podendo ser inerte ou ativo. Argônio e hélio são exemplos de gases inertes, assim como o CO₂ é um exemplo de gás ativo, os quais possuem como principal função proteger a poça de fusão dos gases atmosféricos (FILHO, 2017, p. 3).

Segundo Modenesi, Marques e Santos (2012), pode-se considerar o processo de soldagem como o mais importante processo industrial na fabricação de peças metálicas, um processo de soldagem realizado com sucesso associa-se a diversos fatores assim como sua simplicidade operacional, que por sua vez, jamais deve ser subestimada.

A solda é resultado de um processo de soldagem e é dividida em metal de base, ou o que se deseja unir, a junta de solda, região destinada à união e o metal de adição que será depositado na junta unindo os metais de base, tendo conhecimento a respeito disso, pode-se observar o que Silva (2010) diz a respeito desta região, segundo ele, quando se tem uma união entre metais através do processo de soldagem por fusão, ocorre o aquecimento e por sua vez a fusão localizada destes materiais, seguido por um resfriamento rápido, causando assim uma modificação nas propriedades do metal na região periférica à solda no metal de base, está parcela do metal de base é usualmente conhecida como zona termicamente afetada (ZTA).

A fig. 6 mostra as principais sub-regiões observáveis na ZTA dos aços ao carbono, assim como as faixas de temperatura de pico onde ocorrem, sendo que como destaca Silva (2010), as variáveis determinantes no tamanho destas sub-regiões e variações na microestrutura são a composição química associada à espessura do material e o aporte térmico de soldagem.

Figura 6: Regiões da ZTA de um aço 1010.



Fonte: Silva (2010)

2.5 PROCESSO DE PINTURA DAS TAMPAS METÁLICAS

O processo de pinturas das tampas metálicas é um ponto de grande importância neste projeto, tendo em vista que defeitos visuais acabam se pronunciando em decorrência dos perfis citados anteriormente.

Sabe-se que na indústria metal mecânica, quando um produto é entregue pintado, geralmente a superfície metálica passa por alguma preparação, como por exemplo a utilização de jateamento abrasivo por granalha de aço.

Destacam Serizawa e Gallego (2005) que o jateamento de superfícies de peças com granalhas, o que também é tecnicamente conhecido como *shot peening*

na língua inglesa, pode ser definido como um tratamento mecânico superficial e a frio de peças metálicas, devido ao impacto distribuído de forma uniforme com objetos de forma arredondada, dentre eles esferas metálicas, cerâmicas ou de vidro, que têm velocidade controlada através de um jato de ar comprimido ou por rotação.

A realização deste processo está relacionada à melhoria das características mecânicas na superfície dos metais, conferindo aos materiais processados aumento na resistência à fadiga mecânica, resistência à corrosão e controle de parâmetros superficiais (rugosidade, porosidade, dureza e tensão residual) vinculados ao funcionamento de componentes mecânicos ou estruturais (SERIZAWA; GALLEGO, 2005).

Seguindo em sua preparação, é realizado um banho químico para desengraxe e fosfatização da superfície da tampa metálica, onde tem-se segundo Yamaguti (2012) que tal processo é definido como um tratamento aplicado buscando a proteção contra a corrosão, sendo que a superfície do metal é convertida em um fosfato insolúvel que se deposita sobre o metal alterando suas propriedades superficiais.

Revestimentos formados por este processo são conhecidos como revestimentos de conversão química. São aderentes, insolúveis, inorgânicos, cristalinos ou amorfos, formados como parte integrante da superfície do metal por meio de uma reação química entre parte do substrato e componentes da solução (...).

A camada resultante é bem mais estável, portanto, menos reativa a corrosão do que a superfície original do substrato, constituindo-se em uma camada protetora. Esses revestimentos também auxiliam na adesão entre os substratos e pinturas ou outros revestimentos orgânicos (YAMAGUTI, 2012, p. 10).

Quanto a pintura eletrostática destaca-se alguns aspectos, segundo Telles (2013), a pintura eletrostática tem como característica marcante uma pintura resistente e efetiva, através de seu processo de fixação da tinta por meio de cargas elétricas diferenciado, geralmente aplicada a superfícies metálicas, porém pode ser aplicada em qualquer material eletricamente carregado.

Em relação a sua aplicação, é realizada por uma pistola de pintura com um local de armazenamento para a tinta a pó que antes de ser pulverizada é carregada eletricamente com cargas positivas ou negativas, enquanto a superfície a ser revestida com a pintura deve ser carregada eletricamente com cargas opostas à da

tinta, com isso a força de atração entre tinta e superfície garante a aderência, e então segue para estufa de cura da tinta como destaca Telles (2013).

2.6 SIMULAÇÃO POR ELEMENTOS FINITOS

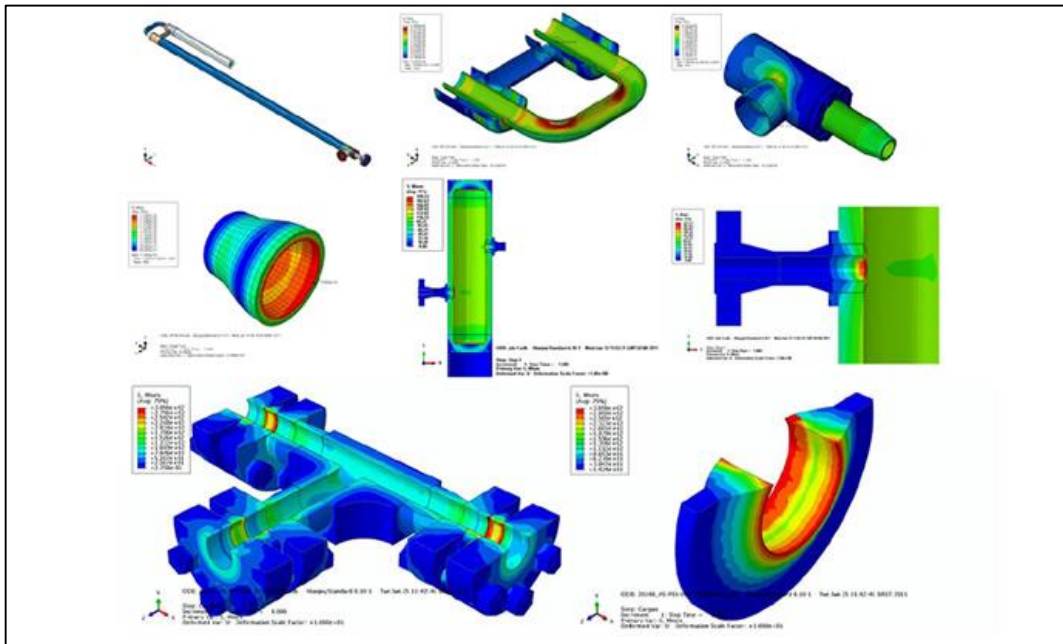
Quando é realizada uma análise do comportamento de sistemas físicos, comumente utiliza-se modelos, sejam eles físicos (em escala ou não) ou matemáticos, sendo que este têm apresentado cada vez mais recursos com modelagens precisas e de grande confiabilidade no âmbito da engenharia, o que se torna economicamente atrativo em relação a modelos físicos, apesar de realizar aproximações, o modelo matemático tem sua solução dita como exata, como destaca Soriano (2003).

Na análise destes modelos matemáticos geralmente se fazem necessários métodos numéricos, dentre eles o de elementos finitos, este foi desenvolvido e segundo Soriano (2003), através de meios contínuos possibilita analisar a maior parte dos problemas físicos que se encontra na prática da engenharia.

Meio contínuo de caráter estrutural, como outros sistemas físicos, é usualmente muito complexo para ser analisado de forma exata. Por isso, são adotadas hipóteses simplificadoras para criar o chamado modelo matemático aproximativo em relação ao sistema físico original, expresso por equações matemáticas. O denominado comportamento estático, por exemplo, corresponde à hipótese de aplicação gradual das ações externas até valores finais constantes, de maneira a poder-se desprezar as forças de inércia e de amortecimento. A linearidade física corresponde à adoção de relações lineares entre componentes de tensão e componentes de deformação. A linearidade geométrica corresponde à hipótese de pequenos deslocamentos em modelos estruturais nos quais as equações de equilíbrio possam ser escritas na configuração não deformada. Assim, a escolha do tipo de análise é parte do procedimento de modelagem (SORIANO, 2003, p. 1)

A utilização desta ferramenta pode ser observada a seguir na Fig. 7, onde uma variedade de exemplos é disposta em uma única imagem, demonstrando as diversas possibilidades, de forma intuitiva através da utilização de uma faixa de cores frias e quentes, partindo do azul até o vermelho, para demonstrar os pontos críticos do projeto de forma assertiva desde que modelada da forma correta com os devidos parâmetros.

Figura 7: Análise por elementos finitos.



Fonte: RMC (2021)

Segundo Vaz (2003), um dos pontos principais da simulação por elementos finitos é a chamada geração de malha, sendo esta uma fase pré-processamento, por meio da discretização de domínios em subdomínios, dando condição para uma solução de problemas da física-matemática através de métodos numéricos-computacionais, sendo este um tema de constantes pesquisas para aprimoramento das malhas.

Ainda segundo Vaz (2003), em ordem fundamental, podemos dividir as malhas em duas classes distintas, as estruturadas e não estruturadas. Quando se trata de uma malha estruturada, os elementos que a compõe possuem mesmo tamanho e geometria, gerando uma considerável conectividade entre os mesmos, conectividade se refere ao compartilhamento de vértices conhecidos por nós da malha, onde um elemento se conecta ao outro.

Já nas malhas não estruturadas, cada elemento pode assumir variadas geometrias e tamanhos em relação aos outros, dificultando a conectividade entre os elementos.

De maneira geral, as malhas estruturadas costumam oferecer uma maior simplicidade e facilidade quando comparadas aos do tipo não estruturadas, no entanto

sua desvantagem implica na falta de flexibilidade para se ajustar a domínios de formas complexas, onde a aplicação de malhas não estruturadas se destaca.

O carregamento feito via elementos finitos para fins de análise dos esforços na tampa metálica é o carregamento variável por coluna hidrostática, simulando o que ocorre na utilização do implemento no transporte de cargas granel contidas pela caixa de carga de tampas metálicas. O mesmo é expresso pela Eq. 02 a seguir:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Onde:

P_h = Pressão hidrostática (Pa)

ρ = Densidade (Kg/m³)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

h = Altura da tampa metálica (m)

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS / METODOLOGIA

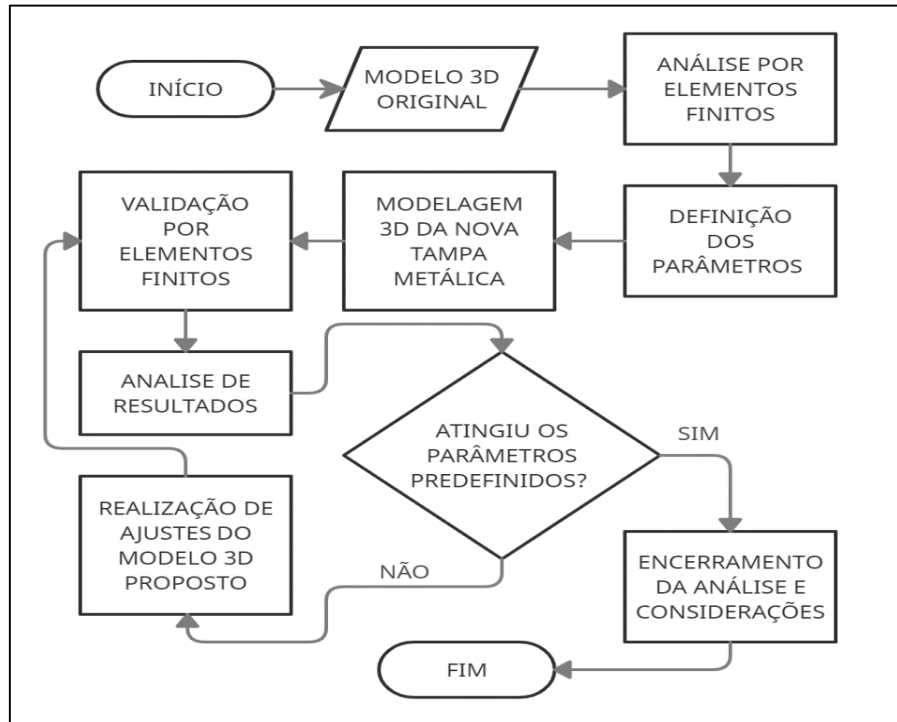
Nesta seção serão apresentados os materiais e processos utilizados para a geração dos dados preliminares e finais do estudo. O fluxograma ilustrado na Fig. 8 sintetiza os procedimentos necessários para a realização dos trabalhos previstos.

Os capítulos a seguir explicam de maneira detalhada o fluxograma no qual foi realizado este procedimento experimental.

Durante as análises de ambas as tampas serão considerados sete pontos de fixação, sendo estes quatro pontos inferiores, dois pontos superiores nas extremidades e um ponto na região central superior que conecta as duas laterais da caixa de carga por entre a carga de grãos com correntes.

Quanto aos aspectos de pintura, serão avaliados visualmente a quantidade de granalha de aço acumulada assim como a retenção de água nos perfis durante o armazenamento externo das tampas metálicas na espera do processo de pintura, estes atualmente os principais responsáveis por defeitos na tampa metálica.

Figura 8: Fluxograma procedimento experimental.

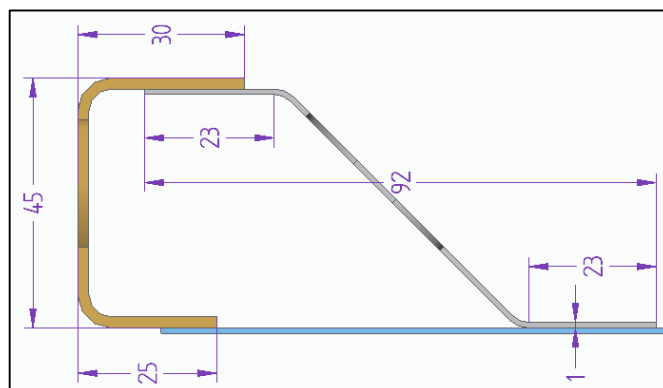


Fonte: Do autor (2021)

3.1 MODELO ORIGINAL, ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

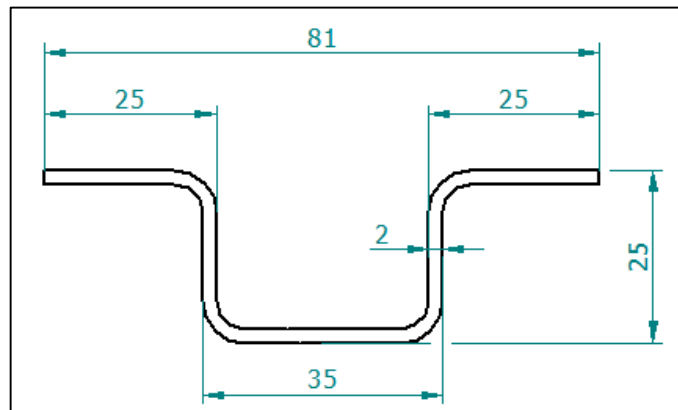
O primeiro passo deste procedimento visou a obtenção dos dados necessários para uma futura validação da proposta, tendo início através da observação da tampa metálica original com perfis dobrados, partindo de um modelo real e auxiliado por um modelo 3D via software CAD (Fig. 12). Os perfis originais e suas medidas podem ser observados nas figuras 9, 10 e 11 a seguir.

Figura 9: Perfil superior tampa Metálica (mm).



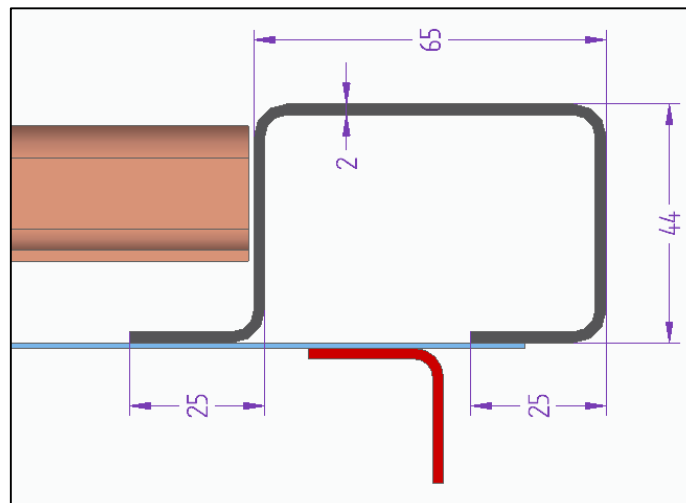
Fonte: Do autor (2021)

Figura 10: Perfil ômega tampa Metálica (mm).



Fonte: Do autor (2021)

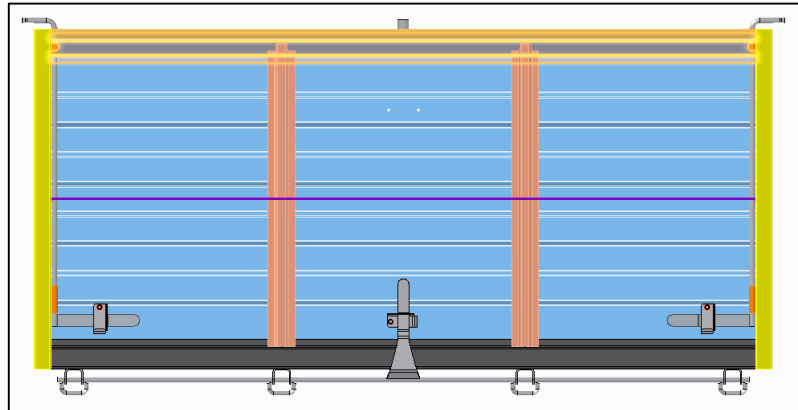
Figura 11: Perfil inferior tampa Metálica (mm).



Fonte: Do autor (2021)

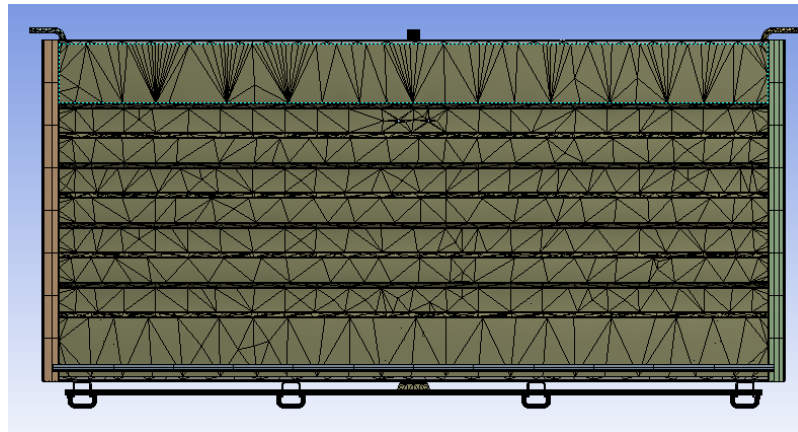
Subsequentemente, realizou-se uma análise por elementos finitos baseada em conceitos de malha fechada (Fig. 13), utilizando um carregamento variável por coluna hidrostática (Fig. 14) utilizando um grão de densidade definida em 750 kg/m^3 definido pela empresa como padrão para este tipo de análise, assim como uma aceleração lateral de $0,3g$ ou aproximadamente $2,94 \text{ m/s}^2$, simulando esforços laterais do implemento durante o transporte de cargas a granel.

Figura 12: Modelagem 3D da tampa metálica.



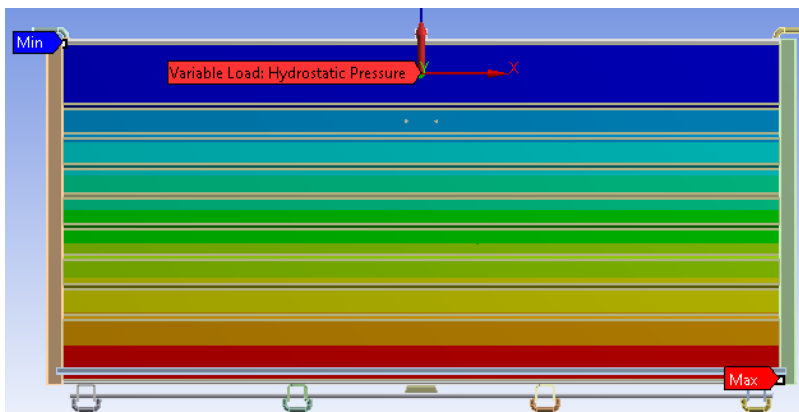
Fonte: Do autor (2021)

Figura 13: Geração de malha de elementos finitos.



Fonte: Do autor (2021)

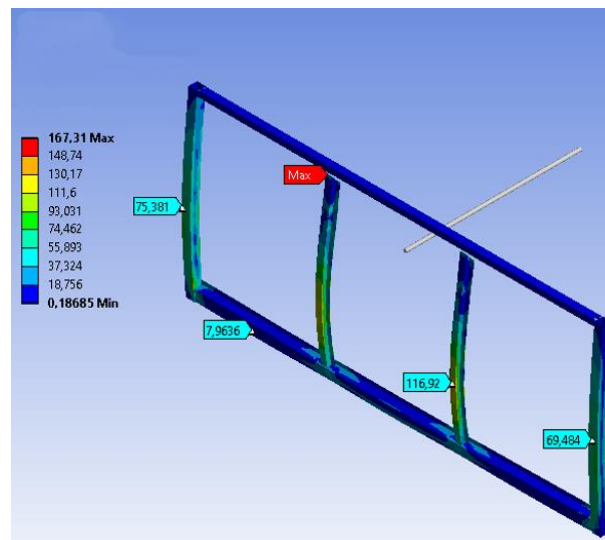
Figura 14: Carregamento variável por pressão hidrostática.



Fonte: Do autor (2021)

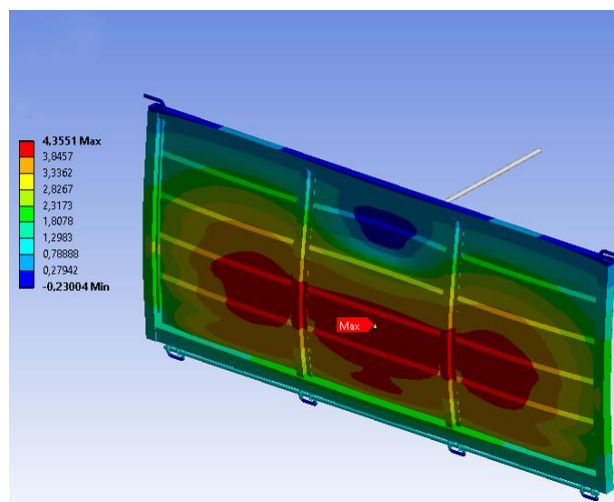
A seguir, obteve-se os dados de tensão e deformação máxima conforme figuras 15 e 16, acrescidos do peso estimado de 47,660 quilogramas através de software CAD.

Figura 15: Tensão tampa metálica original em MPa.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 16: Deformação tampa metálica original em mm.



Fonte: Do autor (2021)

Os custos através do setor de engenharia da implementadora estão dispostos nas tabelas 1 e 2, concluindo assim a aquisição dos principais parâmetros.

Tabela 1: Matéria prima tampa metálica original.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO	TOTAL	OBSERVAÇÃO
CJ. TAMPA LATERAL METALICA - 1000 X 2365	1	336,90	336,90	
CJ. TRAVA TAMPA	3	0,80	2,39	
PERFIL BASE - CJ. TRAVA TAMPA	1	0,27	0,27	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,65MM	0,109	2,47	0,27	
PERFIL L - CJ. TRAVA TAMPA	1	0,21	0,21	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,65MM	0,086	2,47	0,21	
PC SEXT AUTOFRENO ALTA NYLON M8 DIN 982	1	0,11	0,11	
PF.- SEXT.- M 8 X 20 - DIN 933 - 8.8	1	0,17	0,17	
ARRUELA LISA - A8,4 - DIN 125	1	0,03	0,03	
HASTE - Ø15,87 X 2230	1	31,77	31,77	
SUPORTE ALCA - CJ. TAMPA GRANELEIRO	4	0,51	2,03	SUCATA
ACO REDONDO LAMINADO (ABNT)SAE 1020 - 1/2 - (12,70) - (0,99 KG/MT)	0,121	4,19	0,51	
CHAPA FECHAMENTO - CJ. TAMPA LATERAL	1	111,69	111,69	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 1,00MM	18,633	5,99	111,69	
PERFIL UE - CJ. TAMPA LATERAL	1	39,74	39,74	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 2,00MM	6,629	5,99	39,74	
PERFIL L BATENTE - CJ. TAMPA LATERAL	1	4,23	4,23	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,00MM	1,664	2,54	4,23	
TUBO LATERAL- CJ. TAMPA LATERAL	2	19,66	39,33	
PERFIL COLUNA - CJ. TAMPA LATERAL	2	10,12	20,24	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 2,00MM	1,688	5,99	10,12	
MANCAL - CJ. TAMPA LATERAL	4	0,40	1,62	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,25MM	0,115	3,51	0,40	
CHAPA TRAVA CENTRAL TOMBADOR - CJ. TAMPA LATERAL	1	1,42	1,42	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,75MM	0,561	2,53	1,42	
TUBO GUIA - CJ. TAMPA LATERAL	4	2,07	8,28	
BARRA ARTICULACAO - CJ. TAMPA LATERAL	2	13,55	27,11	
TUBO ARCO LONA - CJ. TAMPA LATERAL	1	2,76	2,76	
CHAPA TRAVA LATERAL - CJ. TAMPA LATERAL	2	0,82	1,64	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,75MM	0,324	2,53	0,82	
BARRA AMARRACAO - CJ. TAMPA LATERAL	1	11,38	11,38	
FECHAMENTO DO TUBO- CJ. TAMPA LATERAL	4	0,09	0,36	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,00MM	0,035	2,54	0,09	
PERFIL U SUPERIOR - CJ. TAMPA LATERAL	1	19,37	19,37	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 2,00MM	3,232	5,99	19,37	
PERFIL Z SUPERIOR - CJ. TAMPA LATERAL	1	11,55	11,55	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 1,00MM	1,927	5,99	11,55	

Fonte: Do autor (2021)

Tabela 2: Mão de obra tampa metálica original.

MÃO DE OBRA			
----	HORAS	CUSTO	VALOR
JATO	0,04	R\$ 78,87	R\$ 3,15
LINHA DE MONTAGEM	0,59	R\$ 102,47	R\$ 60,46
LINHA DE FABRICAÇÃO	0,27	R\$ 131,61	R\$ 35,53
CORTE TÉRMICO	0,17	R\$ 137,40	R\$ 23,36
----	1,07	TOTAL	R\$ 122,50

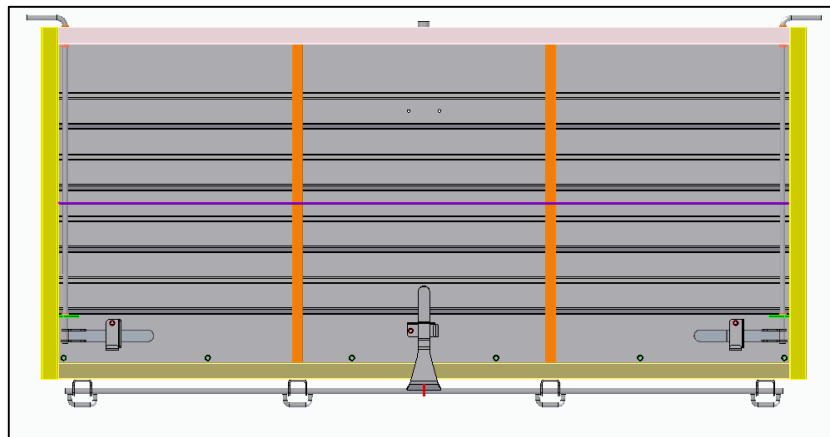
Fonte: Do autor (2021)

3.2 MODELO NOVO, VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dando seguimento à linha de raciocínio anterior, buscou-se aproximar os perfis dobrados de perfis tubulares retangulares já utilizados na empresa para minimizar custos e cadastramentos de matéria prima e fornecedores desnecessários, partindo assim de perfis tubulares já amplamente utilizados em outros produtos da empresa, como forma de primeira tentativa neste processo de melhoria.

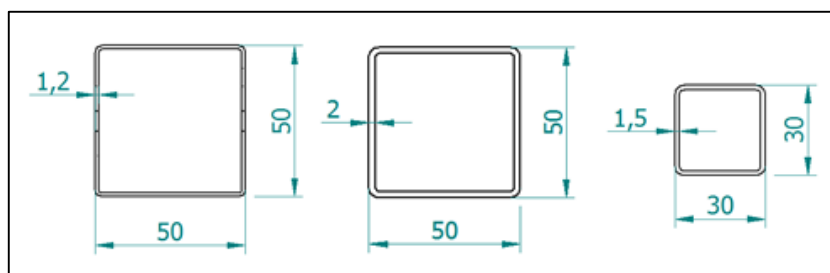
A tampa metálica foi remodelada em 3D via software CAD conforme Fig. 17 com utilização de perfis tubulares detalhados na Fig. 18.

Figura 17: Modelagem 3D da nova tampa metálica tubular.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 18: Perfis tubulares utilizados (mm).

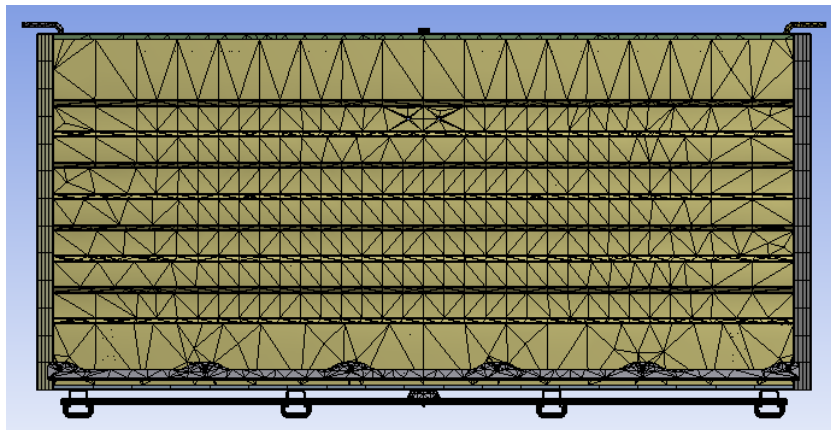


Fonte: Do autor (2021)

Os perfis acima orientados da esquerda para direita representam respectivamente o perfil superior, perfil inferior, e perfil intermediário, anteriormente chamado de perfil ômega, preservando a mesma estrutura da ferragem anterior.

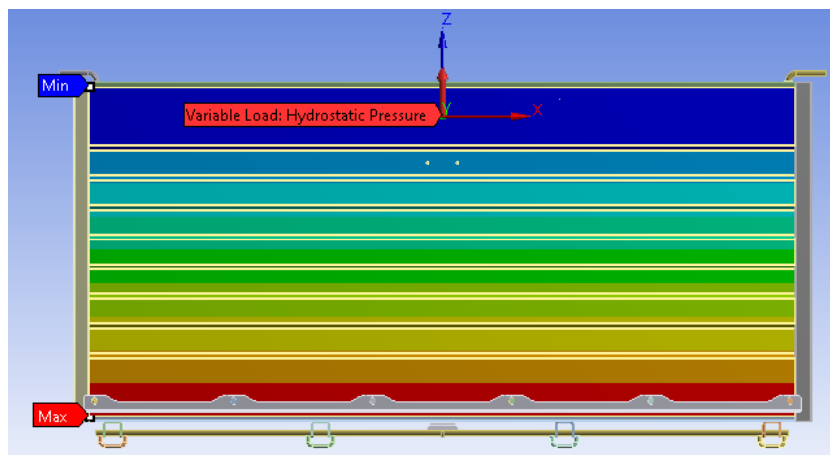
Logo após foi submetida aos mesmos critérios da tampa original no que diz respeito a esforços submetidos através de malhas de elementos finitos e carregamento hidrostático demonstrados nas figuras 19 e 20, para que os dados de tensão e deformação máxima fossem válidos na consideração da viabilidade da proposta.

Figura 19: Geração de malha de elementos finitos da nova tampa.



Fonte: Do autor (2021)

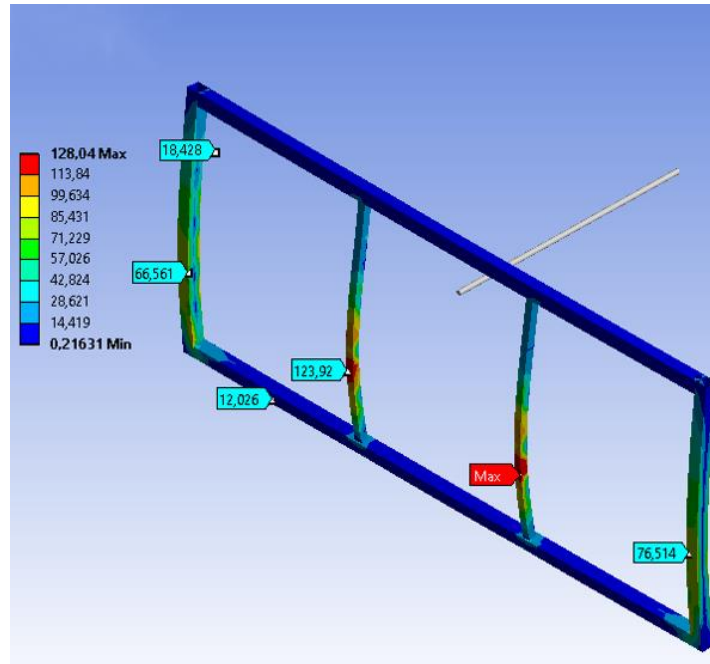
Figura 20: Carregamento variável por pressão hidrostática da nova tampa.



Fonte: Do autor (2021)

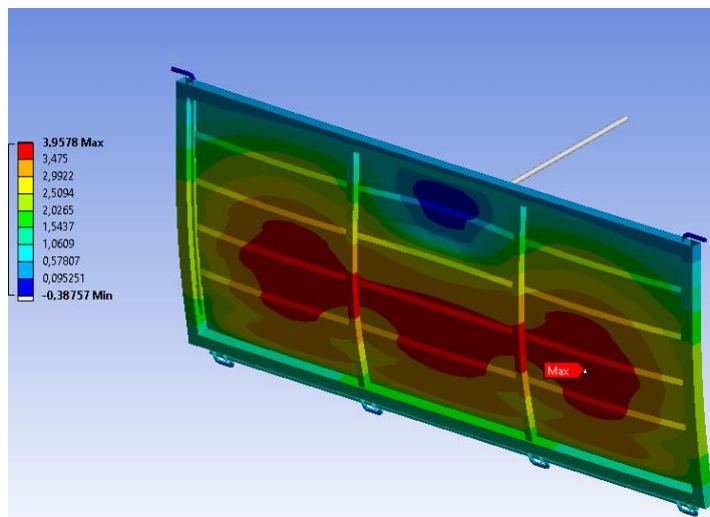
Conforme realizado na tampa metálica original, foram feitas as análises de tensão e deformação máxima da nova tampa metálica proposta, considerando os mesmos critérios para ambas e demonstradas nas figuras 21 e 22 a seguir:

Figura 21: Tensão nova tampa metálica em MPa.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 22: Deformação nova tampa metálica em mm.



Fonte: Do autor (2021)

Também foi definido o peso da nova tampa metálica por meio de software CAD de 46,842 quilogramas e custos conforme Tabela 3 e 4.

Tabela 3: Matéria prima nova tampa metálica tubular.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO	TOTAL	OBSERVAÇÃO
CJ. TAMPA LATERAL METALICA - 1000 X 2365 TUBULAR	1	384,52	384,52	
CJ. TRAVA TAMPA	3	0,80	2,39	
PERFIL BASE - CJ. TRAVA TAMPA	1	0,27	0,27	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,65MM	0,109	2,47	0,27	
PERFIL L - CJ. TRAVA TAMPA	1	0,21	0,21	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,65MM	0,086	2,47	0,21	
PC SEXT AUTOFRENO ALTA NYLON M8 DIN 982	1	0,11	0,11	
PF.- SEXT.- M 8 X 20 - DIN 933 - 8.8	1	0,17	0,17	
ARRUELA LISA - A8,4 - DIN 125	1	0,03	0,03	
HASTE - Ø15,87 X 2230	1	31,77	31,77	
SUPOORTE ALCA - CJ. TAMPA GRANELEIRO	4	0,51	2,03	SUCATA
ACO REDONDO LAMINADO (ABNT)SAE 1020 - 1/2 - (12,70) - (0,99 KG/MT)	0,121	4,19	0,51	
CHAPA FECHAMENTO - CJ. TAMPA LATERAL	1	111,69	111,69	SUCATA
CHAPA DE ACO ULTRA RESISTENCIA DOCOL 1000 - 1,00MM	18,633	5,99	111,69	
PERFIL L BATENTE - CJ. TAMPA LATERAL	1	4,23	4,23	SUCATA
CHAPA DE ACO BAIXO CARBONO SAE 1010 - 2,00MM	1,664	2,54	4,23	
MANCAL - CJ. TAMPA LATERAL	4	0,40	1,62	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,25MM	0,115	3,51	0,40	
TUBO GUIA - CJ. TAMPA LATERAL	4	2,07	8,28	
BARRA ARTICULACAO - CJ. TAMPA LATERAL	2	13,55	27,11	
TUBO ARCO LONA - CJ. TAMPA LATERAL	1	2,76	2,76	
CHAPA TRAVA LATERAL - CJ. TAMPA LATERAL	2	0,82	1,64	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,75MM	0,324	2,53	0,82	
BARRA AMARRACAO - CJ. TAMPA LATERAL	1	11,38	11,38	
TUBO LATERAL- CJ. TAMPA LATERAL	2	27,06	54,12	
TUBO INFERIOR- CJ. TAMPA LATERAL	1	54,73	54,73	
TUBO CENTRAL - CJ. TAMPA LATERAL	2	5,82	11,64	SUCATA
TUBO SUPERIOR - CJ. TAMPA LATERAL	1	57,69	57,69	
CHAPA TRAVA CENTRAL TOMBADOR - CJ. TAMPA LATERAL	1	1,44	1,44	SUCATA
CHAPA DE ACO ESTRUTURAL ASTM A36 - 4,75MM	0,57	2,53	1,44	

Fonte: Do autor (2021)

Tabela 4: Mão de obra nova tampa metálica tubular.

MÃO DE OBRA			
----	HORAS	CUSTO	TOTAL
JATO	0,04	R\$ 78,87	R\$ 3,15
LINHA DE MONTAGEM	0,30	R\$ 102,47	R\$ 30,74
LINHA DE FABRICAÇÃO	0,19	R\$ 131,61	R\$ 25,01
CORTE TÉRMICO	0,08	R\$ 137,40	R\$ 10,99
----	0,61	TOTAL	R\$ 69,89

Fonte: Do autor (2021)

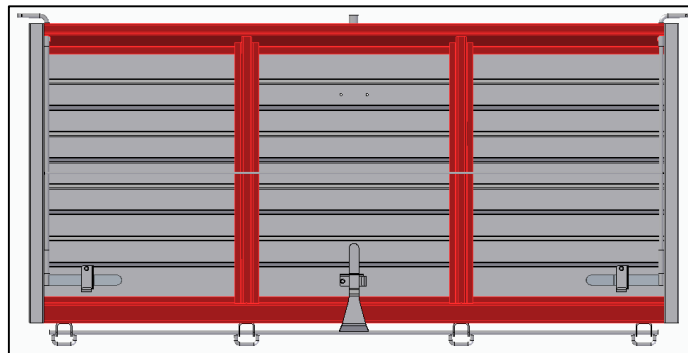
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizado um trabalho de substituição de perfis dobrados por perfis tubulares em busca de obter melhorias em um projeto de tampa metálica já utilizado no mercado, visando diminuir pontos de corrosão, defeitos de pintura e dificuldades de fabricação identificados na linha de montagem.

4.1 MODELO ORIGINAL E MODELO PROPOSTO

As ações realizadas foram tomadas a partir de um modelo de tampa metálica já utilizado, tendo como foco os perfis: superior, ômega (intermediário) e inferior, destacados em vermelho na Fig. 23.

Figura 23: Perfis tampa metálica original.

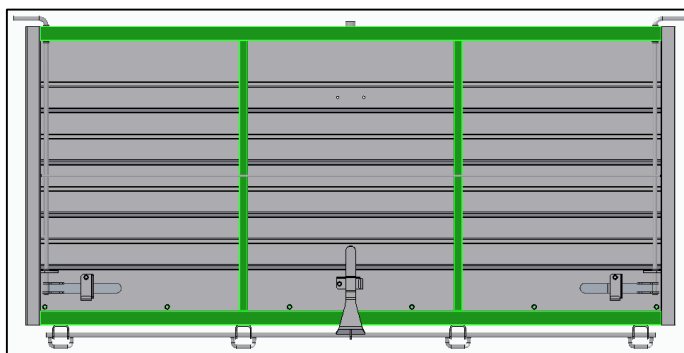


Fonte: Do autor (2021)

O processo de modelagem de uma nova tampa substituindo os perfis já citados nas figuras 9, 10 e 11 foi realizado buscando a utilização de perfis tubulares retangulares de uso da empresa, tendo como objetivo aplicar uma melhoria viável com o menor impacto possível desde cadastramento de matéria prima ou novos fornecedores, e para isso, utilizou-se dimensões de tubos próximos dos perfis já utilizados como primeiro balizador para o projeto, ficando assim definidos como perfil superior as medidas de 50mm x 50mm x 1,2mm (Altura x Largura x Espessura), para o perfil ômega central definiu-se as medidas de 30mm x 30mm x 1,5mm, e então o perfil inferior como 50mm x 50mm x 2mm.

Pode-se observar o resultado destas modificações na Fig. 24, onde tem-se a mudança dos perfis acima citados.

Figura 24: Nova tampa metálica proposta.



Fonte: Do autor (2021)

4.2 CUSTO TOTAL DO MODELO ORIGINAL E PROPOSTO

Quanto aos custos de fabricação da tampa original, realizou-se um levantamento preciso sobre os valores envolvidos, estes estão dispostos entre matéria prima, mão de obra e sucata, constando na Tab. 5. Assim como na tampa original foi realizado um levantamento da tampa proposta, apenas adicionando os dados necessários para a modificação realizada, mantendo a mesma estrutura de custos dispostos entre matéria prima, mão de obra e sucata, exemplificado também na Tab. 5.

Tabela 5: Custo total tampa metálica original e tampa tubular.

----	TAMPA ORIGINAL	TAMPA TUBULAR
MATÉRIA PRIMA	R\$ 336,90	R\$ 384,52
MÃO DE OBRA	R\$ 122,50	R\$ 69,89
SUCATA	R\$ 27,87	R\$ 17,52
TOTAL	R\$ 487,27	R\$ 471,93

Fonte: Do autor (2021)

4.3 COMPARATIVO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após a realização do novo projeto de tampa metálica tubular e seus devidos parâmetros obtidos, tornou-se possível a realização de um processo comparativo para

avaliar sua viabilidade conforme os valores anteriormente definidos como é possível observar na Tab. 6.

Tabela 6: Resultados percentuais da nova tampa metálica tubular.

----	TAMPA ORIGINAL	TAMPA TUBULAR	RESULTADO PERCENTUAL (%)
TENSÃO MÁXIMA (Mpa)	167,31	128,04	-23,47
DEFORMAÇÃO MÁXIMA (mm)	4,36	3,96	-9,12
CUSTO (R\$)	487,27	471,93	-3,15
PESO (Kg)	47,66	46,84	-1,72

Fonte: Do autor (2021)

Apesar do fluxograma apresentado nos procedimentos experimentais prever uma ferramenta para retrabalho do novo modelo 3D, demonstrou não ser necessário a utilização deste.

Quando comparada com a tampa metálica antiga (Fig. 25), a nova tampa metálica (Fig. 26) demonstrou menor complexidade de fabricação, assim como eliminação do acúmulo de granalha de aço em regiões de perfis dobrados como também diminuição de pontos de retenção de água que eram prejudiciais à pintura e posteriormente facilitadores do processo de corrosão, sendo estes apontados por setores produtivos e de qualidade.

Figura 25: Tampa metálica antiga.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 26: Protótipo da nova tampa metálica.



Fonte: Do autor (2021)

5. CONCLUSÕES

Ao fim, a proposta e a execução desta melhoria aplicada demonstrou-se viável tanto no que diz respeito a estrutura quanto ao lado financeiro, obtendo uma boa resposta em diminuição de tensão, deformação, peso e custo de fabricação, conforme descrito na Tab. 6 do capítulo anterior, obteve-se uma diminuição em todos os aspectos citados de respectivamente 23,47%, 9,12%, 1,72% e 3,15%.

Quanto aos processos, constatou-se a diminuição dos processos de corte e dobra de chapas para fabricação de perfis, estes substituídos por itens comerciais, ainda obteve relativa facilidade em relação a montagem da nova tampa quando comparada a anterior.

Pode-se citar ainda uma manutenção no que diz respeito ao processo de soldagem que se manteve o mesmo, quanto a especificações de cordões e posição no produto, da mesma forma o jateamento manteve as mesmas características de tempo, porém com uma melhora no depósito de granalha ocorrido nos perfis dobrados anteriores.

O processo de pintura obteve melhoria quanto a sobreposições de pintura devido a umidade dos perfis antigos em relação aos novos, somado a melhora no processo de jateamento, demonstrando maior qualidade no acabamento.

Este projeto demonstrou que uma simples mudança de perfis na ferragem de uma tampa metálica pode trazer inúmeros benefícios de fabricação e agregar valor ao produto entregue ao cliente final, sem perder suas características. Sendo assim, pôde-se considerar válida a substituição da tampa metálica de perfis dobrados por uma tampa metálica com uso de perfis tubulares comerciais.

REFERÊNCIAS

A importância da eficiência logística na distribuição de grãos. **ESTADÃO**, 14 de Abr. de 2020. Canal Agro. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/importancia-logistica-distribuicao-graos/>>. Acesso em: 05 de Abr. de 2021.

A importância do agronegócio no Brasil. **ESTADÃO**, 29 de Jan. de 2021. Canal Agro. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/a-importancia-do-agronegocio-no-brasil/#:~:text=O%20papel%20do%20agroneg%C3%B3cio%20no%20crescimento%20econ%C3%B4mico&text=Quando%20analisado%20o%20panorama%20econ%C3%B4mico,%2C4%25%20do%20PIB%20brasileiro.>>. Acesso em: 06 de Abr. de 2021.

BARBOSA, Geraldo Magela. **Processo de dobramento de chapas metálicas**. Exacta UNINOVE, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/810/81012760011.pdf>>. Acesso em: 29 de Out. de 2021.

BENAZZI JUNIOR, Ivar; CAVERSAN, Elpidio Gilson. **Tecnologia de estampagem 2**. FATEC Sorocaba, 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/54418466/Apostila_de_estampas__SP.pdf>. Acesso em: 28 de Out. de 2021.

BOARETTO, Joel. **Comportamento estrutural de um chassi de semirreboque submetido a manobras relacionadas às dinâmicas lateral e vertical**.

REPOSITÓRIO DIGITAL UFRGS, 2012. Disponível em:

<<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/79826>>. Acesso em: 29 de Nov. de 2021.

CORTE a laser. **RAVICORTE**, 2021. Disponível em: <<https://ravicorte.com.br/site/servicos/corte-a-laser>>. Acesso em: 14 de Abr. de 2021.

DESEMPENHO do setor no primeiro trimestre de 2021. **ANFIR**: Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários, 2021. Disponível em: <<https://www.anfir.org.br/ADM/VIEW/ARQUIVO/ESTATISTICA/1617979710-DADOS%20IMPrensa%20-%201%C2%BA%20TRIMESTRE%202021.pdf>>. Acesso em: 05 de Abr. de 2021.

DIAS, Matheus Borges. **Proposta de desenvolvimento de uma máquina de corte a laser para facilitar a prototipagem**. BDM: Biblioteca Digital da Produção Intelectual Discente da Universidade de Brasília, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13610/1/2015_MatheusBorgesDias.pdf>. Acesso em: 13 de Abr. de 2021.

DUTRA, Jair Carlos. MIG/MAG – **Transferência metálica por curto-circuito – fontes de soldagem versus gases do arco**. LABSOLDA – UFSC, 2021. Disponível em: <http://www.labsolda.ufsc.br/publicacoes/artigos/2008_si_dutra.pdf>. Acesso em: 15 de Abr. de 2021.

FILHO, Alexandre José Baumgaertner. **Análise dos parâmetros da polaridade negativa na curva de**

Corrente de soldagem MIG/MAG polaridade variável aplicados à

Soldagem para revestimento. LUME: Repositório Digital UFRGS, 2017. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/163419>>. Acesso em: 16 de Abr. de 2021.

MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo V.; SANTOS, Dagoberto B. **Introdução à metalurgia da soldagem.** Academia, 2012. Disponível em:

<[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45435668/Introducao_a_Metalurgia_da_Soldagem_-_Modenesi__Marques__Santos.pdf?1462667607=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUniversidade_Federal_de_Minas_Gerais_Int.pdf&Expires=1620339823&Signature=N8up3Tlv-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45435668/Introducao_a_Metalurgia_da_Soldagem_-_Modenesi__Marques__Santos.pdf?1462667607=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUniversidade_Federal_de_Minas_Gerais_Int.pdf&Expires=1620339823&Signature=N8up3Tlv-DarcbXSI2UQDkhrFWC1eqTYvMUKN~f67f3fucrvGX4b14TvmevTJSWqtNNJFyyXyg)

DarcbXSI2UQDkhrFWC1eqTYvMUKN~f67f3fucrvGX4b14TvmevTJSWqtNNJFyyXyg
sppFuz9oHamkapnDmlhXGHjo9qcgRvG4ijV1zlg-p0F9NATHtv7fUhijnemtaVkkUK-
fMSbgtyfU8QMYqeif5oE20U-Ue1wOmMg-tX9FNsKaBWH5QGtQdNoJoaBRf5IDH-
MlzvR2A7sazw8uj8NS3gMaKU0x82-lwMM-

83BgdnMy5JaDSWETXJOM2xbWk9tdbNoGjnQGaoEMDIWTSk1ObF-

y6D5YiwWsTDcTNgMgL8r~0fpzwaXKtx8iVDAeJIPXVWS2FyKf7abA__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA> Acesso em: 15 de Abr. de 2021.

NETO, Haroldo Fernandes. **Análise de parâmetros e eficiência de corte para**

configuração inicial de uma máquina a laser. RIUT: Repositório Institucional da

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24513/1/PG_DAMEC_2019_2_14.pdf
>. Acesso em: 13 de Abr. de 2021.

O agronegócio é responsável pela metade das exportações brasileiras. **EBC**, 2021.

Disponível em: <<https://radios.ebc.com.br/brasil-rural/2021/01/o-agronegocio-e-responsavel-pela-metade-das-exportacoes-brasileiras>>. Acesso em: 09 de Abr. de 2021.

PERFIL U dobrado de chapa. **ROSSETTI**, 2021. Disponível em:

<<https://www.ferroeacorossetti.com.br/ferro/chapas-e-derivados/perfil-u-dobrado-de-chapa-udc-enrigeado/>>. Acesso em: 23 de Ago. de 2021.

PERFIL de chapa dobrada. **SOLUÇÕES INDUSTRIAIS**, 2021. Disponível em:

<<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/construcao/lojas-emofer/produtos/metais/perfil-de-chapa-dobrada>>. Acesso em: 23 de Ago. de 2021.

PESOS e dimensões máximas permitidas das principais configurações de veículos

usadas no Brasil. **GUIA DO TRC**, 2015. Disponível em:

<<http://www.guiadotrc.com.br/lei/>>. Acesso em: 11 de Abr. de 2021.

POR que o Brasil depende tanto do transporte rodoviário?. **G1**, 2018. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/economia/noticia/por-que-o-brasil-depende-tanto-do-transporte-rodoviario.ghtml>>. Acesso em: 10 de Abr. de 2021.

PROJETOS realizados. **MRS**, 2021. Disponível em:

<http://rmcrs.com.br/pt/projetos_realizados/braskemrs/>. Acesso em Ago. de 2021.

QUADROS, Giovani Nichetti de. **Análise dos fatores influenciadores na não conformidade dimensional do processo de dobramento.** Repositório Institucional da UCS, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6471/TCC%20Giovani%20Nichetti%20de%20Quadros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 de Abr. de 2021.

SERIZAWA, Gustavo Henrique Ramos; GALLEGO, Juno. **Análise estrutural da aplicação do processo de jateamento com granalhas de aço (shot peening) em rotores hidroelétricos.** CREEM: Congresso Nacional de Estudante de Engenharia Mecânica, 2005. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/creem_2005g.pdf>. Acesso em: 18 de Abr. de 2021.

SILVA, Ramsés Ferreira da. **Caracterização da zona termicamente afetada de aço produzido via resfriamento acelerado.** Repositório UFMG. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MAPO-88NPWB>>. Acesso em: 31 de Out. de 2021.

SORIANO, Humberto Lima. **MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EM ANÁLISE DE ESTRUTURAS.** São Paulo – SP: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

TELLES, Rafael. **O que é e como funciona a pintura eletrostática.** UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/2013/12/16/o-que-e-e-como-funciona-a-pintura-eletrostatica/>>. Acesso em: 16 de Abr. de 2021.

TRANSPORTE é o maior segmento do setor de serviços. **CNT:** Confederação Nacional do Transporte, 2017. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/transporte-maio-segmento-setor-servicos>>. Acesso em: 10 de Abr. de 2021.

VALOR bruto da produção deve atingir R\$ 1,192 trilhão em 2021. **CNA:** Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/noticias/valor-bruto-da-producao-deve-atingir-r-1-192-trilhao-em-2021>>. Acesso em: 16 de Abr. de 2021.

VAZ, Márlon de Oliveira. **Geração de malhas de elementos finitos triangulares em domínios planos usando o método do avanço da fronteira.** Repositório PUC Paraná. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_arquivos/11/TDE-2005-06-16T124018Z-146/Publico/MarlonMecan.pdf>. Acesso em: 02 de Out. de 2021.

YAMAGUTI, Rosele Correia de Lima. **Avaliação de alternativas ao uso de níquel e cromatos no processo de fosfatização tricatiônico aplicado ao aço carbono.** BIBLIOTECA DIGITAL USP, 2012. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-24102012-085907/en.php>>. Acesso em: 18 de Abr. de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me ajudar a transpor obstáculos que jamais imaginei encontrar.

Agradeço a família, em especial minha esposa Natália e meu pai José Romildo por todo o incentivo e apoio dado durante todos estes anos, assim como pela compreensão dos diversos momentos de ausência.

Agradeço ao professor Dr. Daniel Fritzen por aceitar realizar esta orientação e a todos os profissionais do curso de engenharia mecânica da UniSatc que fizeram parte deste processo único e inesquecível em minha vida.

Agradeço a Librelato S.A Implementos rodoviários por todo o apoio técnico e ensinamentos que obtive durante o estágio realizado.