

UNICESUMAR - UNIVERSIDADE DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO 593/2016 (CONTRAN) E DESENVOLVIMENTO DO
DISPOSITIVO DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE PARA-CHOQUE TRASEIRO DE
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

JOÃO MATHEUS LANGENDYK LEANDRO

MARINGÁ – PR

2021

JOÃO MATHEUS LANGENDYK LEANDRO

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO 593/2016 (CONTRAN) E DESENVOLVIMENTO DO
DISPOSITIVO DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE PARA-CHOQUE TRASEIRO DE
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr ou Me. Fernando Calderaro.

MARINGÁ – PR

2021

JOÃO MATHEUS LANGENDYK LEANDRO

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO 593/2016 (CONTRAN) E DESENVOLVIMENTO DO
DISPOSITIVO DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE PARA-CHOQUE TRASEIRO DE
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR –
Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr ou Me. Fernando Calderaro.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Fernando Calderaro – Mestre - UNICESUMAR

Fernando Rodrigo Moro – Mestre – UNICESUMAR

Camila Galo Silva – Mestre - UNICESUMAR

ESTUDO DA RESOLUÇÃO 593/2016 (CONTRAN) E DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE PARA-CHOQUE TRASEIRO DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

Nome do autor João Matheus Langendyk Leandro

RESUMO

O Estudo e Ensaio de Resistência do Para-choque Traseiro de Implementos Rodoviários será baseado na Resolução 593/2016, ditada pelo CONTRAN (Conselho Nacional De Trânsito), elaborada para a segurança, adequação e inclusão das conformidades ditas embasada no projeto, procedimento de ensaio e utilização, enquadrando-se na área de homologação de implementos rodoviários. Nesse estudo será provado que as cargas aplicadas nos locais indicados pela resolução, são necessárias para a verificação da resistência mecânica, atendendo a conformidade requerida que busca a segurança no trânsito.

Além do estudo, será realizado o desenvolvimento de um novo dispositivo de ensaio, atendendo o procedimento descrito na Resolução 593/2016, buscando a melhoria contínua e o aperfeiçoamento dos procedimentos de ensaio. O desenvolvimento desse novo dispositivo será realizado por softwares de desenho e simulação de forças. Além do desenvolvimento no software, serão feitos cálculos de resistência mecânica e dos materiais, para a construção correta do projeto que atenda as normas contidas na Resolução 593/2016.

Com o estudo feito respaldado nos cálculos, construção do dispositivo e simulação, obter-se-á resultados esperados para o aperfeiçoamento de ensaio pelo laboratório de ensaios mecânicos. Além da contribuição aos laboratórios, o estudo também pode contribuir na área do fabricante de implementos rodoviários, que sempre busca maior economia e escolha adequada do material na construção do para-choque, almejando também maior segurança, sendo que a porcentagem de acidentes envolvendo para-choques com resistência insuficiente e dimensionamento incorreto é significativa.

Palavras-chave: Dispositivo. Conformidade. Resolução.

STUDY OF RESOLUTION 593/2016 (CONTRAN) AND DEVELOPMENT OF THE REAR BUMPER RESISTANCE TESTING DEVICE FOR ROAD IMPLEMENTS

ABSTRACT

The study and Resistance Testing of the Rear Bumper of Road Implements will be based on the Resolution 593/2016, dictated by CONTRAN (National Traffic Council), elaborated for the safety, adequacy and inclusion of the conformity mentioned above the project, test procedure and use, falling into the area of homologation of road implements.

In this Study, it will be proved that the loads applied in the indicated places by the resolution, are necessary for checking the mechanical resistance, meeting the required compliance that seeks traffic safety.

Beyond of the Study, will be realized the development of a new test device, complying with the procedure described in the resolution 593/2016, seeking continuous improvement and progress of test procedures. The development of this new device will be realized by drawing softwares and force simulation, besides the development in the software will be made calculations of mechanical resistance and materials, for the correct constructions of the project that meets the standards contained in resolution 593/2016.

With the study made on top of calculations, device construction and simulation, expected results will be obtained for testing improvement by the mechanical testing laboratory.

In addition to contributing to the laboratories, the study can contribute in the field of road implements manufacturer, who want greater savings and an adequate choice of material in the construction of the bumper.

Also looking for greater safety, and the percentage of accidents involving bumpers with insufficient resistance and incorrect sizing because it is significant.

Keywords: Device. Conformity. Resolution

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Resolução 593/2016, a partir da data 31/12/2020, todos os veículos das Categorias N2, N3, O3 E O4, devem estar em conformidade com a resolução supracitada. Muitos fabricantes estão se adequando e buscando laboratórios de ensaio mecânico para realizar tais ensaios que comprovam essa adequação as conformidades.

Assim, teve-se a ideia de ser feito o estudo embasado nesses ensaios, demonstrando sua importância e funcionalidade preventiva, a busca da adequação conforme a resolução e procurando diminuir acidentes graves causados por falta de resistência e dimensionamento dos para-choques contidos nos implementos rodoviários. Além de contribuir com os fabricantes no momento da fabricação dos para-choques e com os laboratórios na otimização dos ensaios.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ESTUDO DA RESOLUÇÃO 593/2016

Com o estudo da resolução foi possível apontar os itens mais importantes contidos na mesma, sendo eles:

2.1.1 As Definições: Muitas definições são essenciais para o entendimento geral dos envolvidos no meio em questão.

a) Balanço traseiro: distância da extremidade máxima traseira ao ponto central do último eixo do veículo.

b) Carga autoportante: É a capacidade de automanutenção estrutural de determinado componente quando submetida a carregamento do peso próprio mais carga líquida.

c) Chassi: Parte do veículo onde se encaixa a carroceria e o(s) eixo(s), construído em material metálico de forma a sustentar a carroceria enquanto se desloca.

d) PBT: Peso Bruto Total, peso do veículo mais a carga máxima suportável.

e) Conjunto de ensaio: Conjunto constituído do para-choque e seus elementos de fixação.

f) Dispositivo de ensaio: Estrutura rígida na qual é fixado o conjunto de ensaio para a aplicação das forças e medição das deformações.

g) Elemento horizontal: Perfil do para-choque onde serão aplicadas as forças nos pontos P1, P2 e P3 estabelecidos no ensaio previsto nesta Resolução.

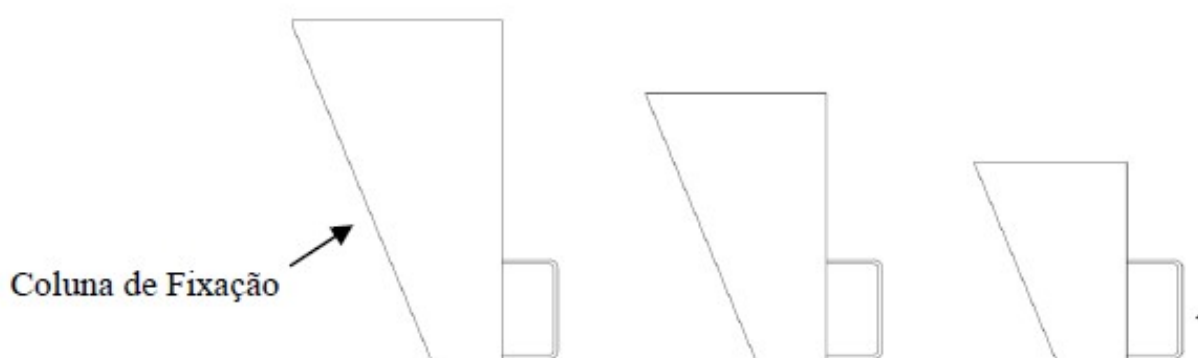
h) Equipamento veicular (carroceria): Implemento rodoviário específico, incorporado a um veículo automotor incompleto, seja chassi de caminhão ou rebocado incompleto (base), construído para complementá-lo, permitindo assim sua funcionalidade de transporte de cargas.

i) Estrutura rígida: Estrutura cuja deformação máxima seja inferior a 1% em relação a deformação máxima permitida no ensaio do para-choque.

j) Extremidade do veículo: No plano vertical é onde se localiza as partes mais extremas do veículo, contando com dianteira, traseira e laterais.

k) Família de para-choques: Grupo de para-choques construído de acordo com o mesmo projeto, variando na altura das colunas de fixação, submetidos a um mesmo procedimento de ensaio, considerando as colunas com maior dimensão do ponto de fixação ao elemento horizontal.

Figura 1 – Família de para-choques



Fonte: Resolução 593/2016

l) Longarina: Elemento estrutural principal do quadro do chassi ou da carroceria, posicionado longitudinalmente no veículo.

m) Para-choque traseiro: Dispositivo de proteção, constituído de uma ou mais travessas e elementos de fixação para montagem, fixado às longarinas ou ao elemento

que desempenha as funções destas e destinado a atenuar as lesões corporais e a reduzir os danos materiais consequentes de colisão envolvendo a traseira deste veículo.

n) Para-choque removível: Para-choque cuja fixação seja resistente aos ensaios estabelecidos nesta Resolução, com a possibilidade de ser retirado do veículo, quando este se encontra em operações específicas em que, se instalado, venha a prejudicar o correto andamento destas operações.

o) Para-choque retrátil: Dispositivo de proteção equipado com sistema de articulação que permite variar a distância ao solo, girando no sentido contrário à marcha do veículo, quando este se desloca para frente, em situação transitória, devendo voltar à posição original, sem interferência do operador, assim que o obstáculo seja transposto.

p) Para-choque traseiro fixo: Dispositivo de proteção, constituído de uma travessa e elementos de fixação para montagem, destinado a atenuar as lesões corporais e a reduzir os danos materiais consequentes de colisão envolvendo a traseira deste veículo.

q) Placa de contato: Elemento de contato posicionado entre o dispositivo aplicador de força e Elemento horizontal do para-choque, com a função de distribuir de forma padronizada a força em torno de seu ponto de aplicação.

2.1.2 Categorias de veículos N2, N3, O3 e O4:

I – Categoria N: Veículo automotor que possui no mínimo quatro rodas, projetado e construído para o transporte de cargas.

a) Categoria N2: Veículos projetados e construídos para o transporte de cargas e que contenham uma massa máxima de 3,5 a 12 t.

b) Categoria N3: Veículos projetados e construídos para o transporte de cargas e que contenham uma massa máxima acima de 12 t.

II – Categoria O: Reboques incluindo os Semirreboques.

a) Categoria O3: Reboques (incluindo semirreboques) com uma massa máxima superior a 3,5 t e não superior a 10 t.

b) Categoria O4: Reboques (incluindo semirreboques) com uma massa máxima superior a 10 t.

2.1.3 Datas de adequação desta Resolução:

a) Os veículos de que trata esta Resolução cujas características forem alteradas e que for exigida a realização de inspeção de segurança veicular para emissão do Certificado de Segurança Veicular (CSV), também devem atender às especificações constantes do Anexo desta Resolução.

b) Os demais veículos em circulação de que trata esta Resolução devem atender às especificações constantes, conforme cronograma a seguir:

Tabela 1 – Datas dos veículos conforme final da placa para adequação da Resolução 593/2016

ALGARISMO FINAL DA PLACA	PRAZO FINAL PARA AI
1 e 2	Até 31/12/202
3 e 4	Até 31/12/202
5 e 6	Até 31/12/202
7 e 8	Até 31/12/202

Fonte: Resolução 593/2016

2.1.4 Requisitos da montagem e utilização do Para-choque ditas no ANEXO I contido na Resolução.

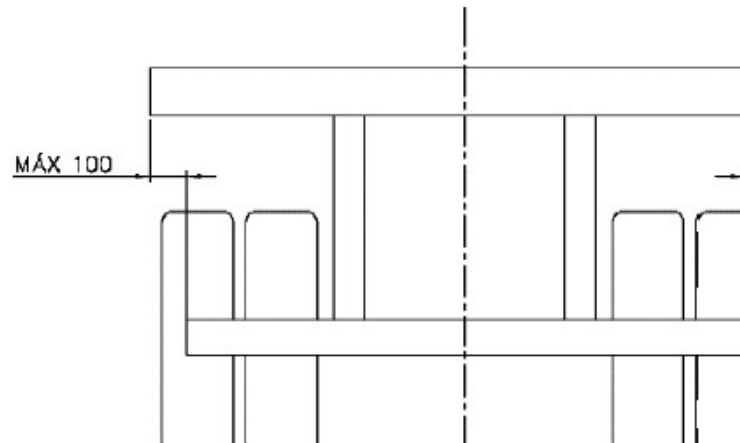
O para-choque traseiro deve atender às condições:

a) A altura da borda inferior do para-choque traseiro, medida com o veículo com sua massa em ordem de marcha, não deve em nenhum ponto, ser superior a 450 mm em relação ao plano de apoio das rodas.

b) A altura da seção transversal do elemento horizontal do para-choque traseiro não pode ser inferior a 100 mm. As extremidades laterais do elemento horizontal não devem possuir bordas cortantes. O elemento horizontal deve ser de formato uniforme, retilíneo em seu comprimento, sem emendas, sem furos, constituídos de apenas um material e pode ter qualquer forma de seção transversal.

c) O comprimento do elemento horizontal do para-choque traseiro deve ser no máximo igual à largura do equipamento veicular ou à distância entre as bordas externas dos aros das rodas, o que for maior, e no máximo 100 mm de afastamento da lateral em cada lado.

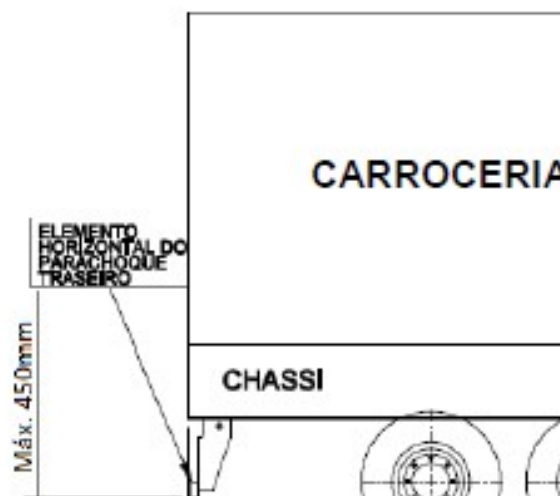
Figura 2 – Vista traseira do veículo



Fonte: Resolução 593/2016

d) O elemento horizontal do para-choque traseiro deve ser localizado até o limite de 100 mm na extremidade traseira da estrutura do veículo.

Figura 3 – Vista lateral da parte traseira

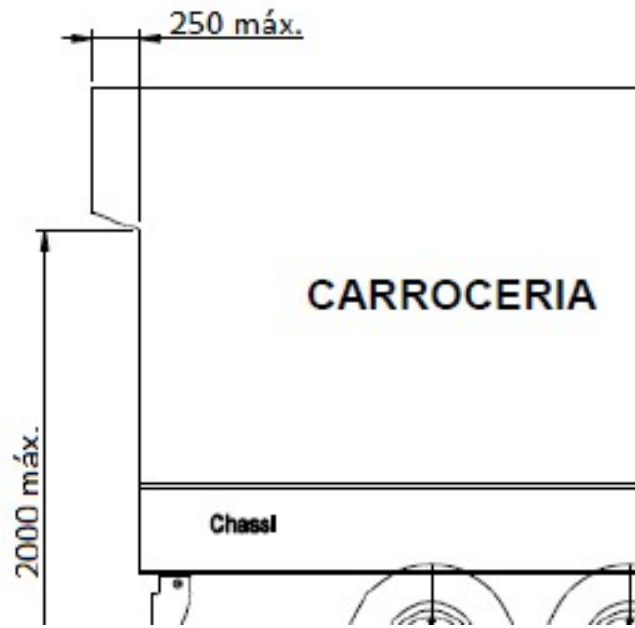


Fonte: Resolução 593/2016

e) Para a extremidade traseira da estrutura do veículo, não devem ser considerados elementos cuja altura esteja acima de 2 metros do plano de apoio, desde que essa saliência não seja superior a 250 mm no comprimento.

f) Dispositivos e/ou elementos como: batentes traseiros, ganchos rebocadores, varões de porta, dobradiças, placas de sinalização, tombadores, plataformas elevatórias, rampas de acesso e outros equipamentos semelhantes, em ordem de marcha, que não constituam saliência superior a 200 mm, não serão considerados parte da extremidade traseira.

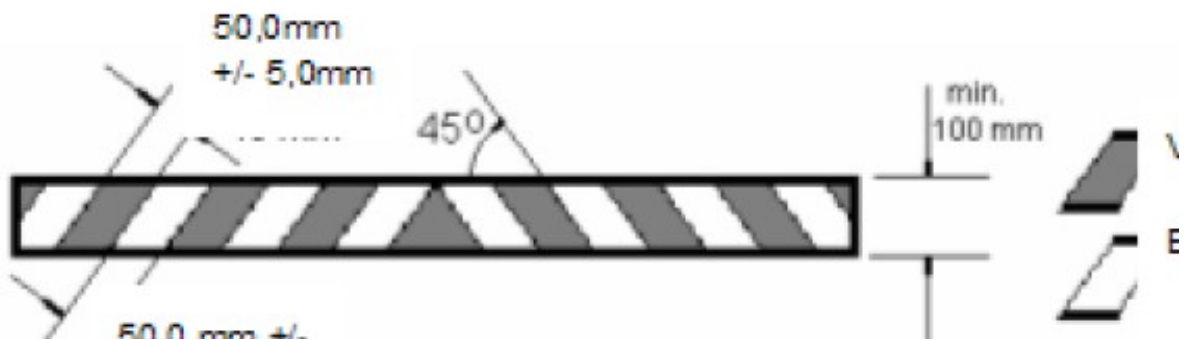
Figura 4 – Vista lateral da parte traseira



Fonte: Resolução 593/2016

- g) O para-choque traseiro pode ser retrátil, fixo ou removível.
- h) O para-choque ou o perfil horizontal de que trata o Art. 6º da Resolução deve ter forma e dimensões projetadas, de modo a permitir, quando instalado, a visualização da sinalização luminosa e da placa de identificação do veículo, não prejudicando os requisitos estabelecidos nas especificações de iluminação e sinalização do veículo.
- i) O para-choque ou o perfil horizontal deverá possuir faixas oblíquas, com uma inclinação de 45° (quarenta e cinco graus) em relação ao plano horizontal e 50,0 +/- 5,0 mm de largura, nas cores branca e vermelha refletivas, conforme figura e especificações abaixo:

Figura 5 – Faixa refletiva da lâmina do para-choque



Fonte: Resolução 593/2016

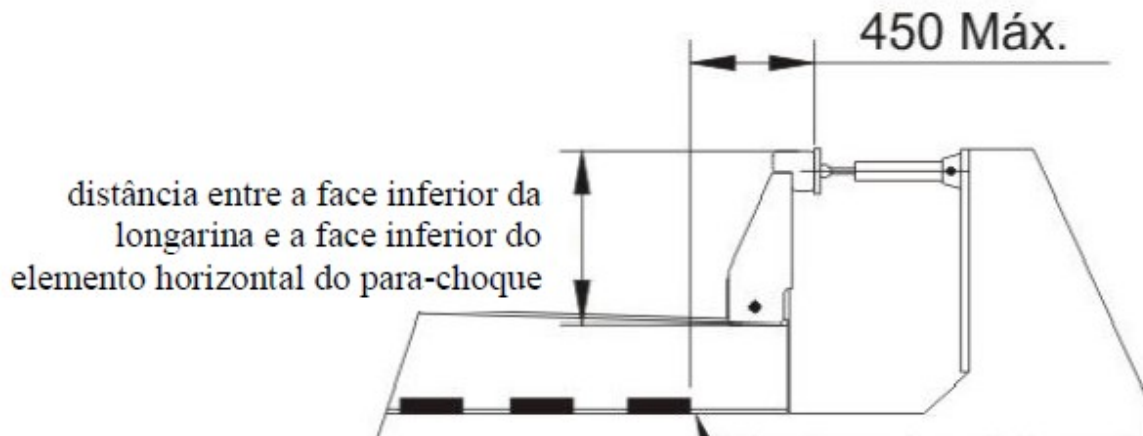
j) O para-choque traseiro pode ser projetado de maneira que sua altura possa ser variável, de acordo com necessidades eventuais (exemplo: manobras, operações de carga e descarga). Para variações acidentais de posição, deve ser previsto um mecanismo de retorno à posição de trabalho sem interferência do operador.

2.1.5 Método de Ensaio

a) Aparelhagem

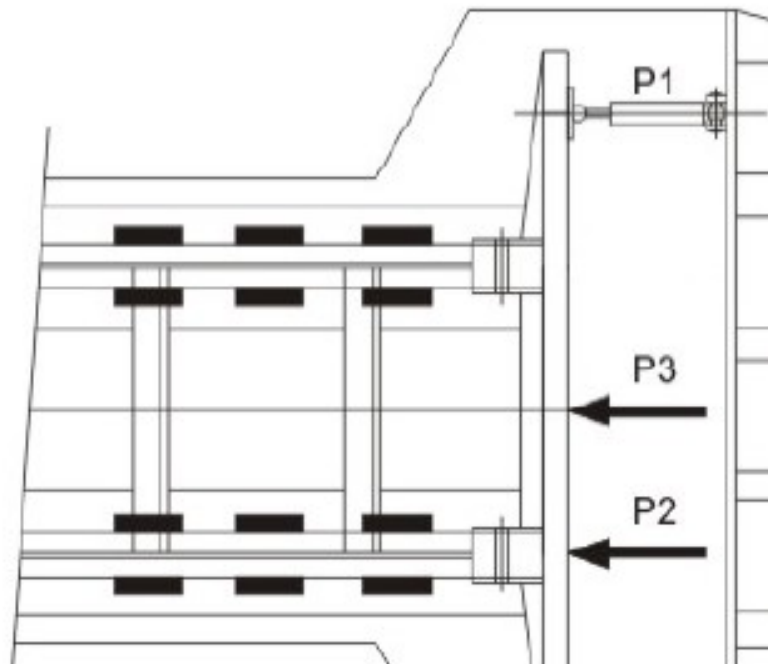
- Cilindro Hidráulico dimensionado para aplicação das forças.
- Placa de contato com superfícies planas, com dimensões de 200 mm x 200 mm x 1".
- Manômetro com capacidade de medição igual ou acima de 225kN (trabalhando no terço médio, já que a carga máxima é de 150kN) para a medição das forças aplicadas.
- Dispositivo de ensaio em que a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto mais próximo de fixação da longarina do para-choque não exceda 450 mm. O dispositivo deve ser construído e fixado de maneira a suportar os requisitos do ensaio, não sofrendo deformação ou deslocamento.

Figura 6 – Exemplo de dispositivo de ensaio – Vista lateral



Fonte: Resolução 593/2016

Figura 7 – Exemplo de dispositivo de ensaio – Vista superior



Fonte: Resolução 593/2016

b) Preparação do conjunto de ensaio

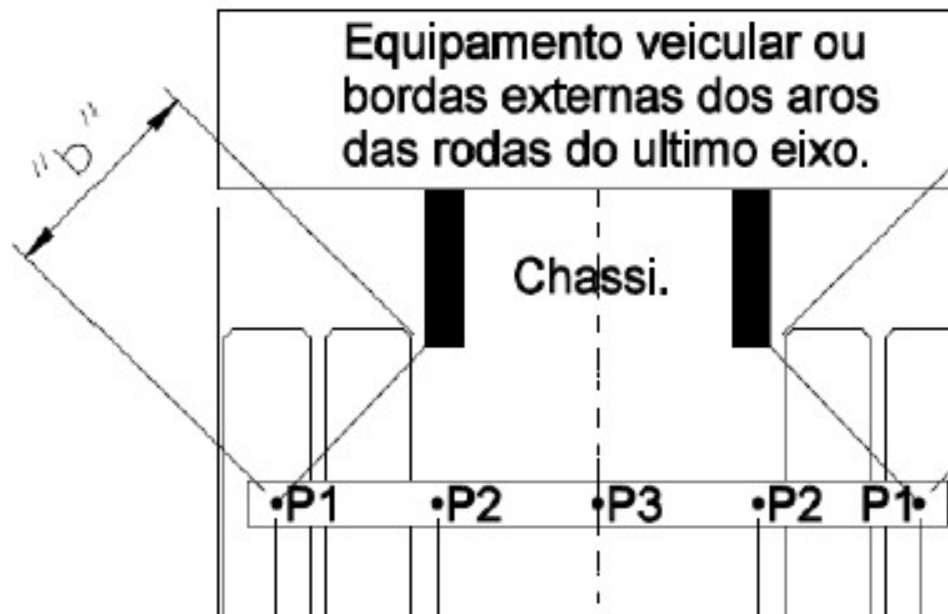
1º - Montar o conjunto de ensaio da mesma maneira que o para-choque é fixado no veículo. A fixação desse conjunto no dispositivo de ensaio deve ser feita através da distância entre a face inferior da longarina e a face inferior do elemento horizontal do para-choque longarina. O ensaio pode ser realizado em qualquer posição que atenda às exigências desta Resolução, como por exemplo, horizontal e vertical.

2º - Marcar os pontos P1, os quais devem estar localizados a 200 mm da extremidade lateral do veículo, do equipamento veicular ou das bordas externas dos aros das rodas do último eixo, o que for maior.

3º - Marcar o ponto P3 no ponto central do para-choque traseiro e o ponto P2 simétrico em relação ao ponto P3, distanciados entre si de 500 mm no mínimo e 1300 mm no máximo, podendo a posição exata ser especificada pelo instalador do para-choque traseiro.

4º - A posição dos pontos P1, P2 e P3 deve ser definida como sendo o ponto médio da altura da seção do elemento horizontal ou a 75 mm da sua borda inferior para lâminas com altura maior que 150 mm, considerando como referência o para-choque instalado no veículo.

Figura 8 - Vista traseira com cotas do ponto de aplicação



Fonte: Resolução 593/2016

c) Procedimento

1. As forças especificadas na tabela 2 devem ser aplicadas separadamente, na seguinte ordem: em um dos pontos P1, no ponto P3 e em um dos pontos P2. A escolha do ponto P1 em que é aplicada a força, fica a critério do executor do ensaio. Para o ponto P2, deve-se utilizar o ponto P2 do lado oposto ao ponto P1 já escolhido, tomando como base o ponto P3.

Tabela 1 – Forças conforme PBT e ordem de aplicação

Veículos de carga Peso Bruto Total (kg)	Forças em P1 (kN)	Forças em P2 (kN)	Forças em P3 (kN)	Or
Acima de 3.500 até 6.500	50	75	50	
Acima de 6.500 até 10.000	60	90	60	
Acima de 10.000 16.000	80	120	80	

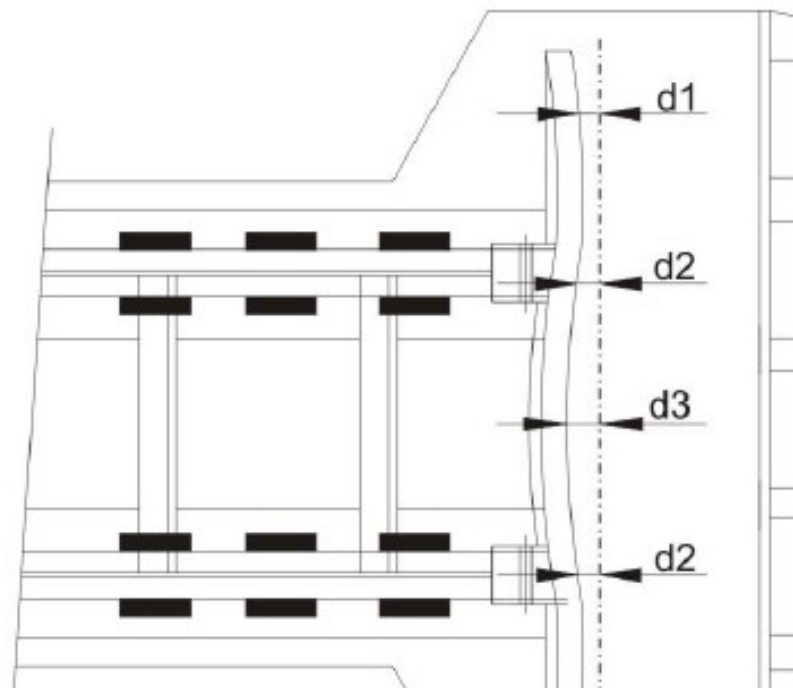
Fonte: Resolução 593/2016

2. As forças especificadas na tabela 3 devem ser aplicadas paralelamente às longarinas, através da placa de contato. O centro da superfície de contato deve ser posicionado nos pontos P1, P2 e P3.
3. O ensaio deve ser efetuado no caso mais crítico, considerando-se o projeto e a aplicação dentro de uma mesma família de para-choque traseiro. Considera-se como mais crítico aquele para-choque que apresentar a maior distância entre o ponto P1 e a extremidade traseira da longarina.
4. O para-choque traseiro ensaiado não deve ser reutilizado, independentemente do resultado.

d) Expressão dos resultados

Para cada ponto de aplicação de força P1, P2 e P3, expressar respectivamente as deformações permanentes d_1 , d_2 e d_3 observadas após o ensaio.

Figura 9 - Deformações nos pontos de aplicação das forças



Fonte: Resolução 593/2016

e) Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter as seguintes informações:

1. Nome do fabricante e/ou instalador do para-choque;
2. Peso bruto total do veículo (PBT);
3. Valor das forças aplicadas nos pontos P1, P2 e P3;
4. Indicação das deformações permanentes d1, d2 e d3 respectivamente nos pontos P1, P2 e P3;
5. Descrição do equipamento utilizado, bem como um croqui representando o dispositivo utilizado;
6. Desenho do para-choque instalado no veículo com as especificações técnicas dos materiais utilizados, registrando a distância entre a face inferior da longarina e a face inferior do elemento horizontal do para-choque.

f) Resultados

1. A deformação permanente nos pontos P1, P2 e P3 não pode ser superior a 125 mm após o ensaio, em relação à posição original. Não serão aceitas trincas de soldas ou fraturas causadas pelo ensaio no conjunto para-choque/chassi do veículo.
2. Um Relatório Técnico de aprovação do para-choque deve ser mantido pela empresa e emitido por profissional legalmente habilitado, com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do próprio fabricante do para-choque ou de uma Instituição ou Entidade reconhecida pelo Órgão Máximo Executivo de Trânsito da União.

g) Marcação

Os para-choques traseiros devem conter uma marcação, adesivo ou plaqueta de identificação resistente ao tempo contendo as seguintes informações:

1. Nome do fabricante;
2. CNPJ do fabricante;
3. Número do chassi do veículo;
4. Número do relatório técnico de aprovação;
5. Instituição ou Entidade que emitiu o relatório técnico de aprovação.

2.2 IMPORTÂNCIA DO DIMENSIONAMENTO ADEQUADO SEGUINDO A RESOLUÇÃO 593/2016

No tráfego de veículos nas zonas urbanas, rodovias e zonas rurais há presença de milhares de veículos enquadrados na resolução 593/2016. Essa resolução que visa a segurança no trânsito, apresenta vários requisitos essenciais à construção, instalação e uso do para-choque traseiro, os quais são indispensáveis na diminuição de danos ocorridos por colisões frontais e laterais de automóveis nas traseiras dos veículos que possuem para-choque de acordo com a resolução. A ausência ou má utilização de tais para-choques podem custar vidas.

Dados obtidos de acordo com o site do DETRAN (departamento de trânsito do Paraná):

- Numa batida de um carro a 65 Km/h, os passageiros sofrem um impacto equivalente a 820 Kg.
- Mais de 30 mil pessoas morrem no trânsito todos os anos. São mais de 80 pessoas por dia ou 1 a cada 18 min.
- A batida de um carro num objeto fixo a uma velocidade de 60Km/h, equivale a queda de um prédio de 4 andares (numa altura de aproximadamente 14 metros).
- Mesmo que um veículo esteja numa velocidade de 20 Km/h, o impacto com um objeto fixo resulta numa força superior de até 15 vezes ao peso da pessoa. Dessa forma, resultam os graves ferimentos, que em muitos casos podem ser fatais.
- O acidente de trânsito é o segundo maior problema de saúde pública do Brasil, perdendo apenas para a desnutrição.
- O trânsito é a terceira causa de morte do país, ficando atrás apenas das doenças coronárias e do câncer.
- Mais de 50% dos leitos em hospitais são ocupados por vítimas de acidente de trânsito.

Figura 10 – A esquerda um para-choque mal dimensionado e a direita um adequado e dimensionado conforme a resolução 593/2016.



Fonte: IIHS/DIVULGAÇÃO

2.3 ESCOLHA DO MATERIAL ADEQUADO

I - Aço ASTM A36

Suas propriedades mecânicas e composição química:

- a) Aço derivado do ferro e carbono, indicado para construções que exigem grande resistência estrutural.

Obs.: ASTM é a abreviação de American Society for Testing and Materials (ou Sociedade Americana de Testes e Materiais).

A diferença do aço A36 para o aço SAE 1020 está em suas propriedades mecânicas. Sendo que o A36 é utilizado em projetos de responsabilidade.

O aço A36 também é fácil de conformar e possui excelente soldabilidade.

- b) Densidade do aço A36: 7.85 g/cm³ ou 0.284 lb/in³.

O peso específico do aço A36 pode ser considerado de mesmo valor.

- c) Limite de escoamento: mínimo 250 MPa ou 36000 psi.

- d) Resistência a tração: entre 400 MPa (58 ksi) e 550 MPa (80 ksi).

- e) Módulo de elasticidade: 200 GPa (29 ksi).
- f) Coeficiente de Poisson: 0,26
- g) Alongamento base de medida de 200 mm: 20%
- h) Alongamento base de medida de 50 mm: 23%
- i) Dureza (A36 / Brinell): varia na faixa de 130 a 150 HB.
- j) Impacto (teste de impacto)
- k) Soldagem

O A36 pode ser soldado com qualquer processo tradicional.

- l) Usinabilidade

A usinabilidade do aço A36 é boa com qualquer método tradicional.

- m) Tratamento térmico

Normalização entre 899°C e 954°C

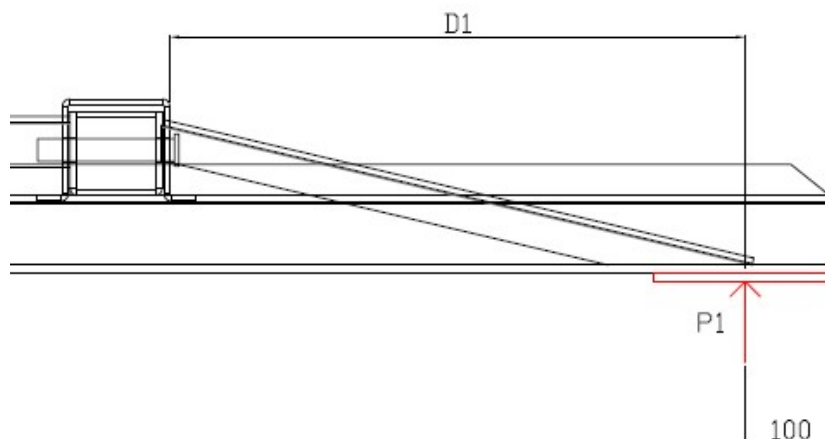
Recozimento entre 843°C e 871°C

Alívio de tensões entre 677°C e 927°C

2.4 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DE VERIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA DO PARA-CHOQUE PARA VEÍCULOS DE CARGA E REBOCADO COM PBT DE 10,0 ATÉ 23,5 T (MAIS UTILIZADO).

- I. Cálculo de verificação do Elemento Horizontal do Para-choque quando submetido a aplicação de carga no ponto P1:

Figura 11 – Vista superior indicando localização do ponto P1



Fonte: Desenhos do autor

Será verificado se a tensão de trabalho está abaixo da tensão de ruptura do material do elemento horizontal.

Dados:

- Força no ponto P1: 8000 kg = 80 KN;
- Centro de Gravidade: $x = \underline{\hspace{2cm}}$ m; $y = \underline{\hspace{2cm}}$ m
- Distância do ponto P1 até o ponto de fixação: $D1 = \underline{\hspace{2cm}}$ (m)
- Momento de inércia $I_x = \underline{\hspace{2cm}}$ m⁴; $I_y = \underline{\hspace{2cm}}$ m⁴
- Material: ASTM-A36 ($\sigma_e = 250$ MPa, $\sigma_u = 390$ MPa, $E = 200$ GPa)

$$M = F \cdot d$$

$$M = 80 \text{ KN} \cdot d \text{ (m)}$$

$$M = \underline{\hspace{2cm}} \text{ KNm}$$

$$\sigma = M \cdot y / I_x$$

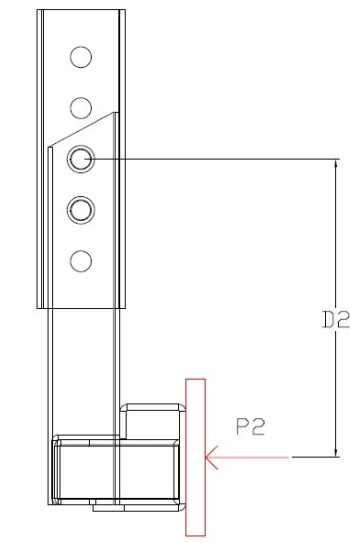
$$\sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Valor final deve ser inferior ao suportado pelo material

($\sigma_u = 390$ MPa do ASTM A-36)

II. Cálculo de verificação da Coluna vertical do Para-choque quando submetido a aplicação de carga no ponto P2:

Figura 12 – Vista lateral indicando localização do ponto P2



Fonte: Desenhos do autor

Será verificado se a tensão de trabalho está abaixo da tensão de ruptura do material do elemento horizontal.

Dados:

- Força no ponto P2: 12000 kg = 120 KN
- Centro de Gravidade: $x = \underline{\hspace{2cm}}$ m; $y = \underline{\hspace{2cm}}$ m
- Distância do ponto P2 até o ponto de fixação: $D2 = \underline{\hspace{2cm}}$ (m)
- Momento de inércia $I_x = \underline{\hspace{2cm}}$ m⁴; $I_y = \underline{\hspace{2cm}}$ m⁴
- Material: ASTM-A36 ($\sigma_e = 250$ MPa, $\sigma_u = 390$ MPa, $E = 200$ GPa)

$$M = F \cdot d$$

$$M = 120 \text{ KN} \cdot D2 \text{ (m)}$$

$$M = \underline{\hspace{2cm}} \text{ KNm}$$

$$\sigma = M \cdot x / I_y$$

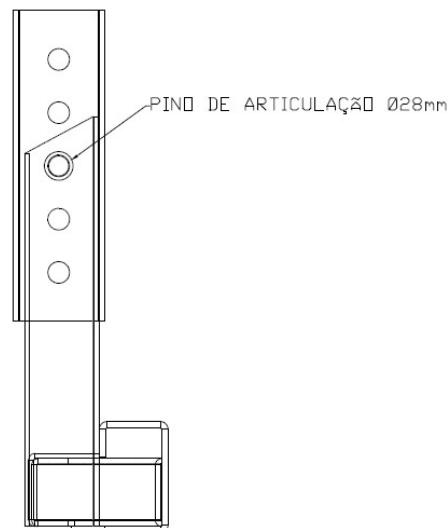
$$\sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Valor final deve ser inferior ao suportado pelo material

($\sigma_u = 390$ MPa do ASTM A-36)

III. Cálculo de verificação dos pinos de articulação:

Figura 13 – Vista lateral indicando localização do pino de articulação



Fonte: Desenhos do autor

Será verificado se a tensão de trabalho está abaixo da tensão de ruptura por cisalhamento.

Dados:

- Força nos pinos: 12000 kg = 120 KN
- Material: ASTM-A36 ($\sigma_e = 250$ MPa, $\sigma_u = 390$ MPa, $E=200$ GPa)

$$\sigma = F / A$$

$$\sigma = 4.F / z . \pi . d^2 \Rightarrow d$$

$$d = \sqrt{(4F / z . \pi . \sigma)}$$

$$d = \sqrt{(4 . 24000\text{kg} / 1 . \pi . 39 \text{ kg/mm})}$$

onde:

z = número de áreas cilíndricas cisalhadas

F = força cortante

d = \emptyset da secção

σ = tensão admissível do material da secção ao cisalhamento

logo,

$$d = \sqrt{(4 . 24000\text{kg} / 1 . \pi . 39 \text{ kg/mm})} = 28 \text{ mm}$$

Diâmetro necessário do pino feito em ASTM A-36 ($\sigma_u = 390$ MPa) para suportar a carga.

2.5 DISPOSITIVO DE ENSAIO

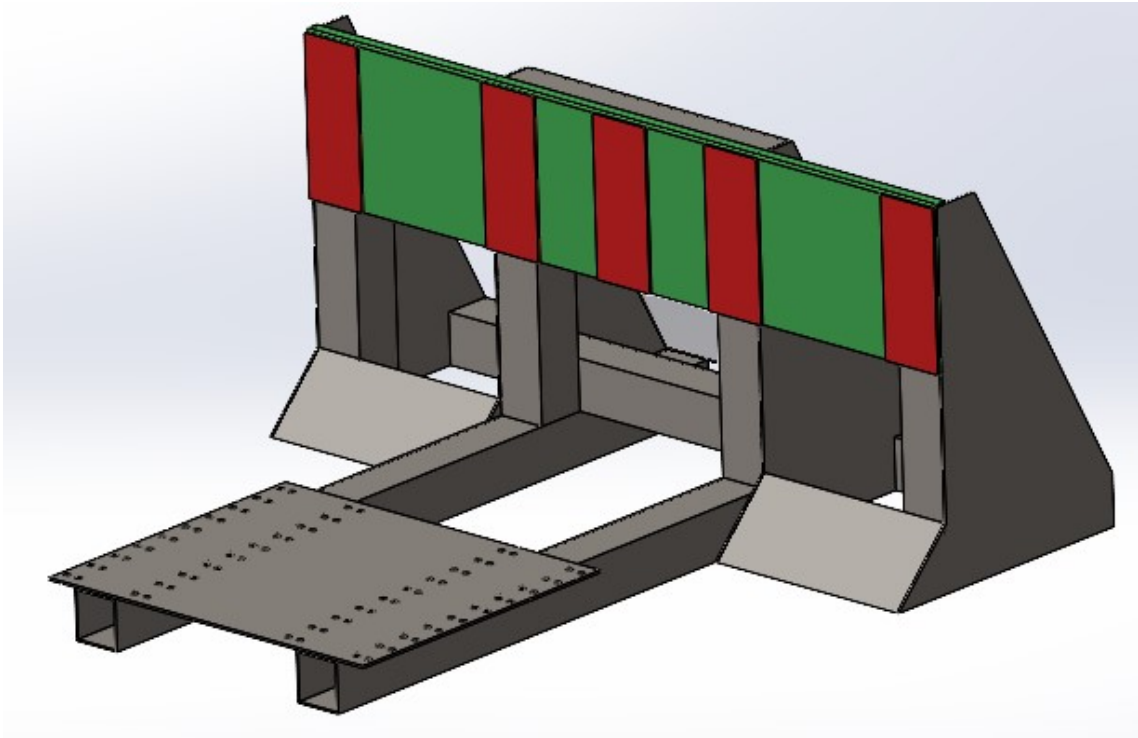
Deformação Elástica: ocorre quando removidas as forças aplicadas, o material volta a forma original.

Deformação Plástica: ocorre quando removidas as forças aplicadas, o material não volta a forma original.

O dispositivo foi projetado para aguentar as forças aplicadas havendo o máximo de rigidez, conforme dito na Resolução 593/2016. Dessa maneira, não havendo o desgaste do dispositivo, poderá ser usado em vários ensaios.

O material escolhido para a construção do dispositivo será o ASTM A36, o mais adequado a construção dos para-choques, por conta da resistência estrutural e especificações ditas neste artigo.

Figura 14 – Dispositivo universal projetado via SolidWorks



Fonte: Desenhos do autor

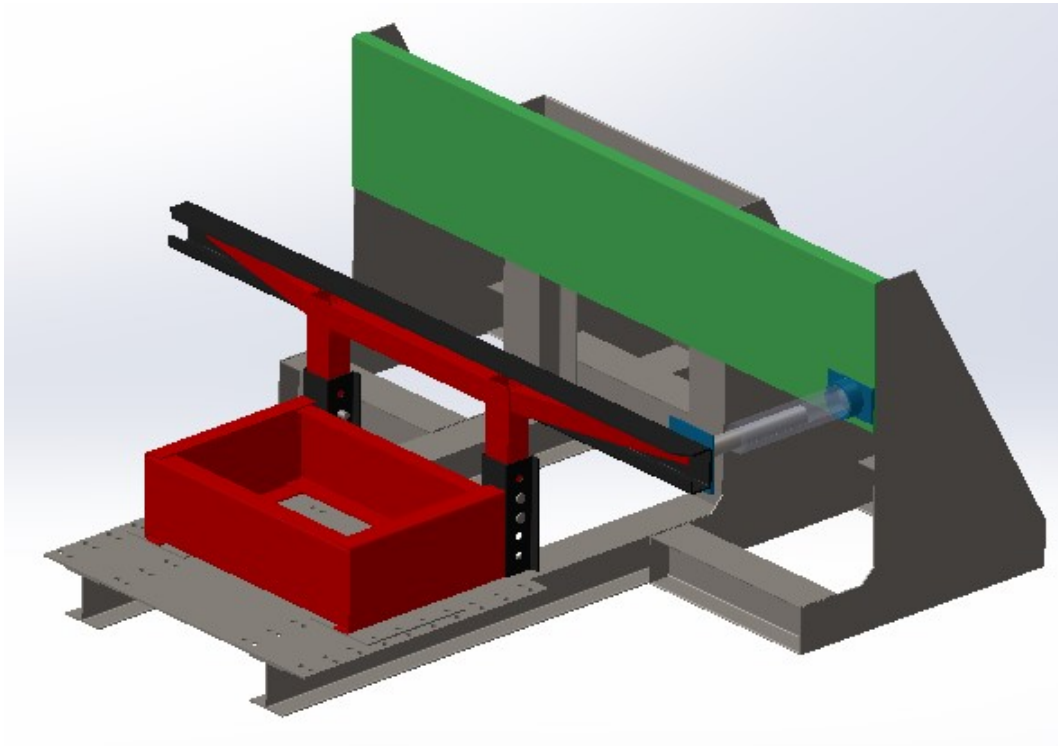
O dispositivo foi projetado buscando atender a todos os modelos vistos e analisados nas pesquisas de campo, envolvendo laboratórios e catálogos dos fabricantes encontrados.

Testes iniciais foram feitos em cima do dispositivo. Houve deformação elástica, porém nenhuma deformação plástica aparente foi encontrada, desse modo o dispositivo não foi danificado.

As placas vermelhas indicam os pontos de aplicação de carga, tendo o ajuste conforme a altura dos elementos horizontais, que é variável de acordo com o modelo de para-choque.

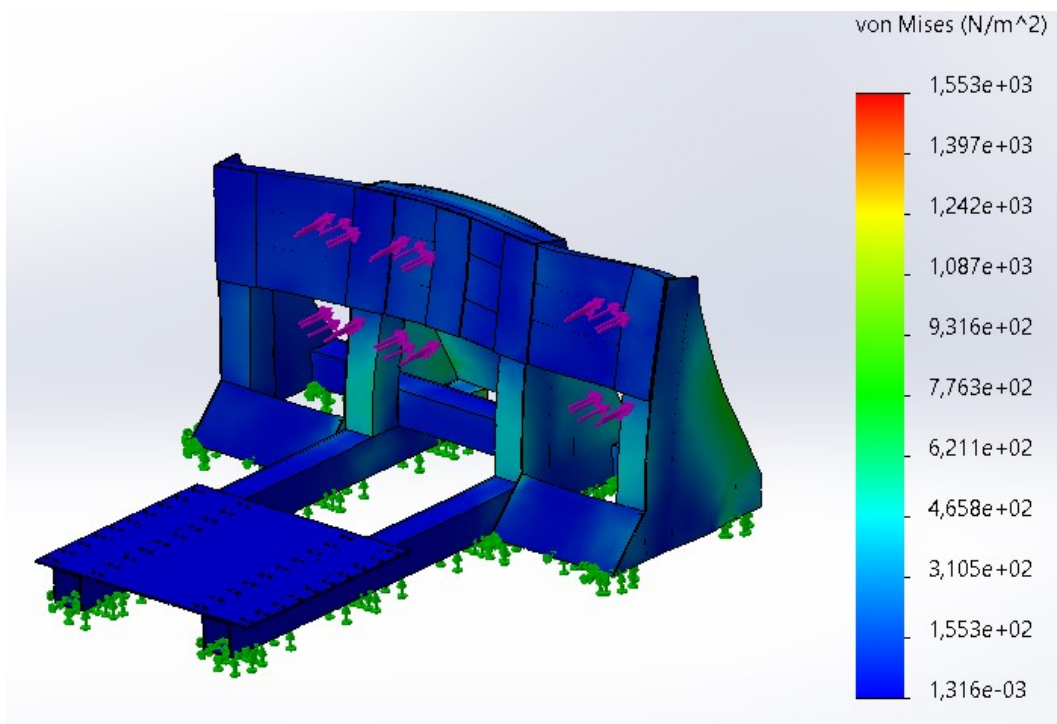
Inicialmente foi projetado com a maior parte dos elementos em Viga I ou W. No entanto, a ferramenta de simulação de força do software não aceitou essas vigas, as quais foram substituídas por tubos quadrados. Na prática, o dispositivo ideal seria construído em Vigas I ou W, como dimensionado inicialmente.

Figura 15 – Posição do ensaio P1 com o dispositivo ainda em viga I ou W – Vista Isométrica



Fonte: Desenhos do autor

Figura 16 – Teste de resistência do dispositivo com substituição das vigas I e W para tubos quadrados via SolidWorks – Vista Isométrica

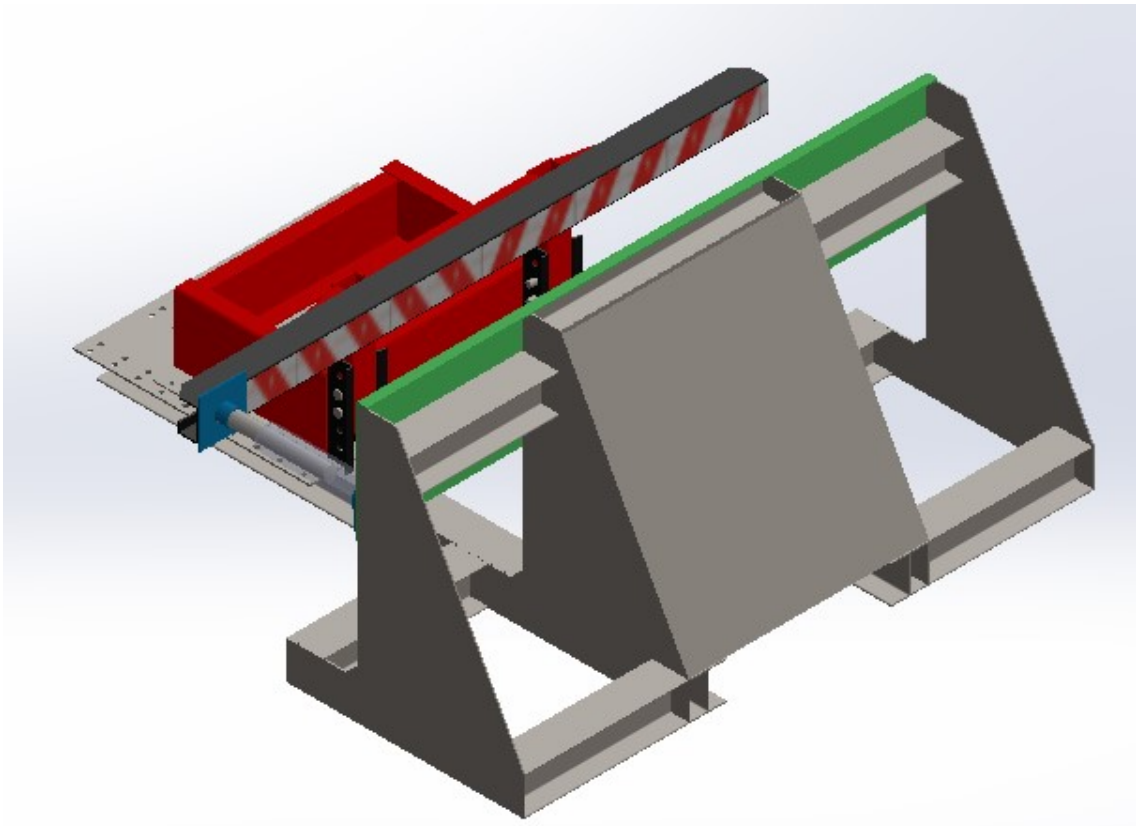


Fonte: Desenhos do autor

O exagero nas deformações se dá por conta da substituição das vigas por tubos e das configurações mal ajustadas do software. Apesar disso, não houve ruptura nem deformação plástica aparente. Na prática, o Para-choque deformaria antes do dispositivo, comprovando sua rigidez e atendendo as normas de ensaio. Destarte, o dispositivo está aprovado, com apenas algumas deformações elásticas pouco aparentes e aceitáveis.

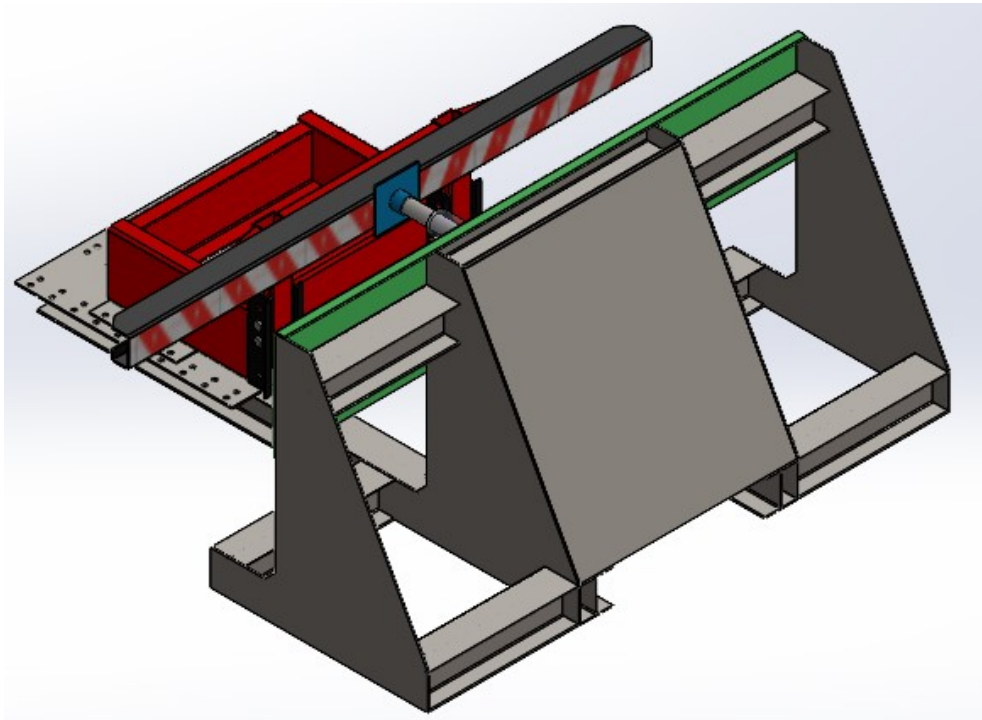
Imagens abaixo indicando a posição do cilindro nos ensaios, respectivamente na ordem de aplicação:

Figura 17 – Para-choque instalado no dispositivo com o cilindro hidráulico posicionado no ponto P1.



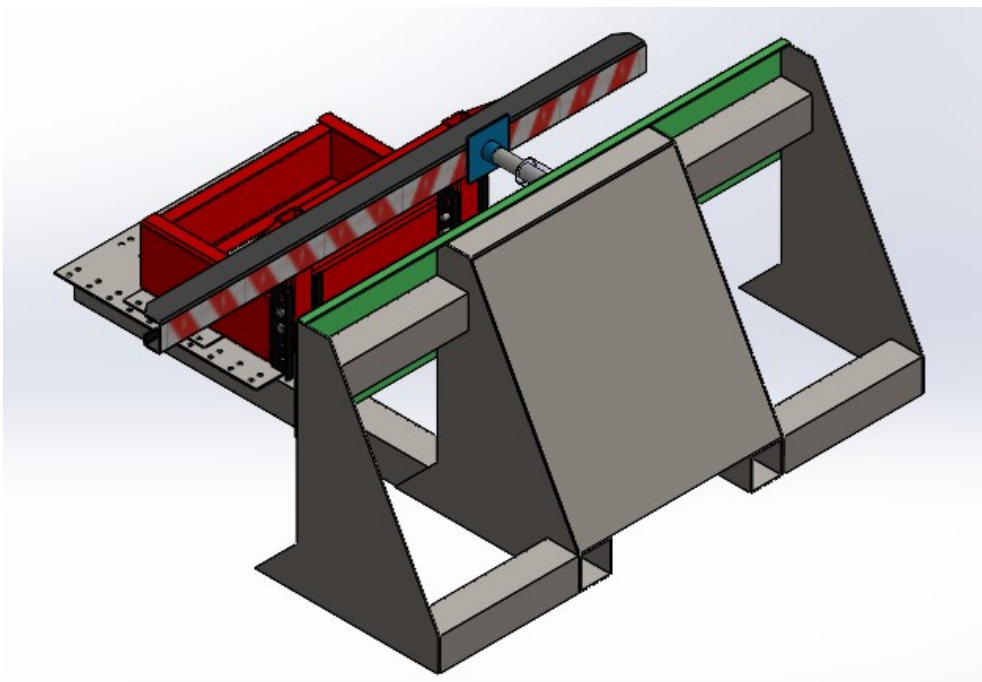
Fonte: Desenhos do autor

Figura 18 – Para-choque instalado no dispositivo com o cilindro hidráulico posicionado no ponto P3.



Fonte: Desenhos do autor

Figura 19 – Para-choque instalado no dispositivo com o cilindro hidráulico posicionado no ponto P2.



Fonte: Desenhos do autor

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o estudo feito embasado na Resolução 593/2016, possibilitou-se adquirir o conhecimento necessário para chegar ao resultado final deste artigo.

As pesquisas obtidas em torno dos acidentes de trânsito confirmam que o impacto entre veículos, mesmo sendo em baixas velocidades, causa grandes riscos à vida. E que se houver possibilidade em se fazer algo que amenize os dados de acidentes, é essencial que seja executado o mais breve possível. Dessa forma, as normas de trânsito são de grande importância para a segurança civil.

Desenvolveu-se o procedimento de verificação de resistência para o dimensionamento e fabricação dos para-choques com PBT de 10 a 23,5 T (mais utilizado), o que contribuiu com os fabricantes que buscam economizar material e se adequar no dimensionamento adequado com Resolução 593/2016, facilitando assim sua homologação que é comprovada pelos laboratórios de ensaios.

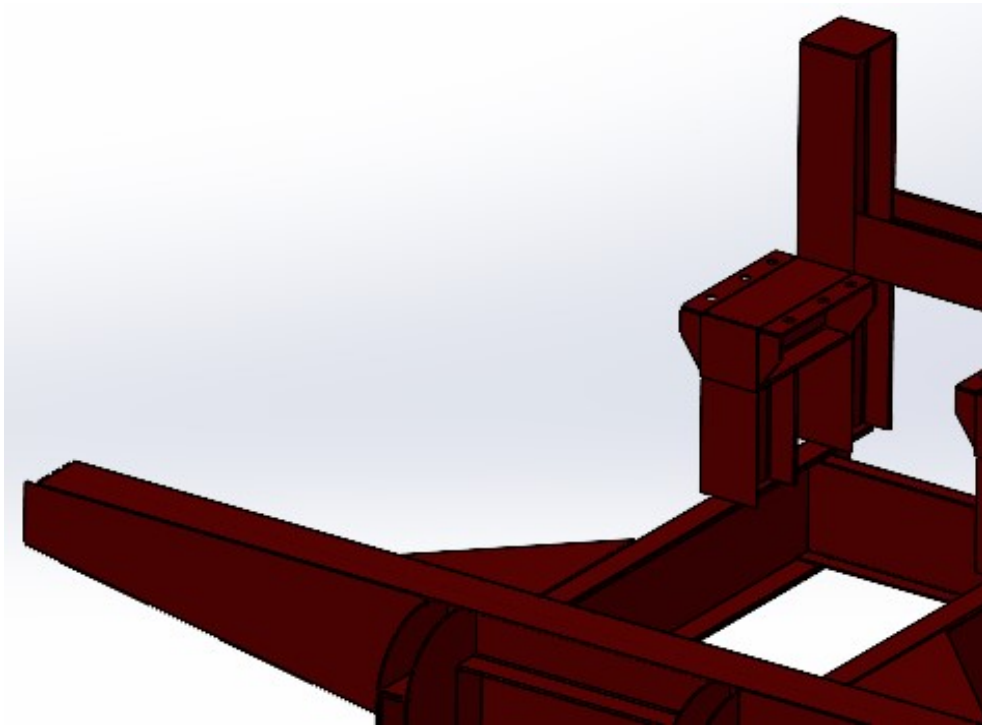
Na busca de um dispositivo universal de ensaio desses para-choques, criou-se um que atenda aos requisitos da Resolução supra citada, mesmo que apresentando algumas complicações no momento da simulação no software, não houve reprova por falta de resistência. Demonstrou-se sua flexibilidade nos ajustes, podendo ser ensaiado qualquer modelo de para-choque.

Foram feitas as pesquisas de campo baseadas no laboratório utilizado pela empresa Kw Soluções em Engenharia Ltda, empresa que desenvolve e atua na área de ensaios de vários equipamentos. Atualmente a Kw atua nos ensaios de resistência de para-choque traseiro, gancho e amarração, protetor lateral de ciclista e desenvolveu um dispositivo de ensaio de VPC (Veículo Porta Container), sendo o segundo dispositivo criado na América do Sul.

As pesquisas no laboratório foram direcionadas no dispositivo de ensaio de para-choque, que atende os requisitos da Resolução 593/2016. Neste dispositivo fez-se uma análise de qualidade, eficiência e adaptação. Com essa análise foi possível apontar um ponto de deficiência, onde há limitação na adaptação dos modelos diferentes de para-choque, sendo solicitado ao cliente a regularização do equipamento de fixação e ajuste de peças do para-choque, para ser possível o encaixe e ensaio de tal.

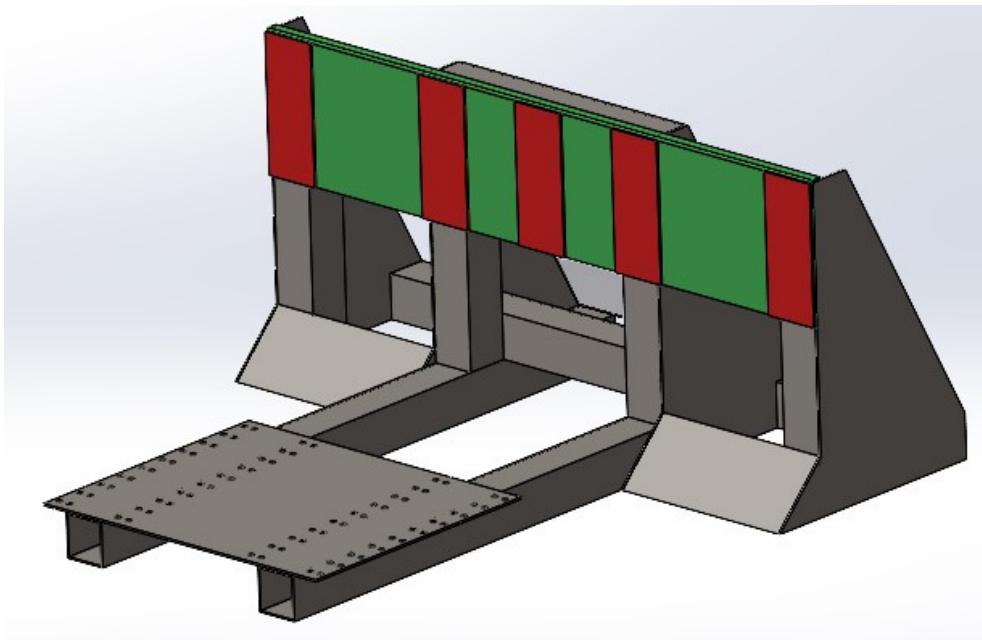
Com essa análise, pensou-se em um novo dispositivo buscando melhoria, alterando a forma de fixação e buscando atender maior parte dos modelos de para-choque.

Figura 20 – Dispositivo de ensaiado Kw Soluções em Engenharia via SolidWorks



Fonte: Desenho Kw Soluções em Engenharia

Figura 21 – Dispositivo de ensaio resultante dos estudos via SolidWorks



Fonte: Desenhos do autor

4 CONCLUSÃO

Conclui-se com o referido Artigo que a Resolução 593/2016 é de vital importância no trânsito brasileiro; com as especificações e ensaios exigidos, os para-choques atendem a segurança no trânsito. O estudo provou que dimensionado corretamente, os para-choques atendem a resistência necessária na segurança no trânsito, o que evita também o chamado “efeito guilhotina”, impacto que acontece com os motoristas dos carros que atingem as traseiras dos veículos que possuem para-choques mal dimensionados.

O procedimento de verificação da resistência dos para-choques foi criado para os fabricantes que buscam maior eficiência na hora do dimensionamento e construção de tais equipamentos, criando algo que seja aprovado nos ensaios práticos feitos pelos laboratórios, tendo assim sua homologação e relatório aprovado por um técnico responsável.

Já o dispositivo desenvolvido que foi dimensionado para atender todos os modelos de para-choques, obteve bom resultado final, mesmo apresentando as divergências do software, mas atendendo a resistência rígida para suportar todos os ensaios.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional De Trânsito (CONTRAN). **Resolução N° 593, de 24 de maio de 2016.**

PEDRO CERQUEIRA. **Instituto dos EUA quer prevenir 'efeito guilhotina' nas colisões contra a traseira de caminhão.** Biblioteca On-Line. Disponível:

<https://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2013/09/21/interna_noticias,48380/instituto-dos-eua-quer-prevenir-efeito-guilhotina-nas-colisoes-contr-a-traseira-de-caminhao.shtml>. Acesso em: 06 ago 2021.

WALTER PFEIL, MICHELE PFEIL. **Estruturas de aço: dimensionamento prático I - 8.ed.** - Rio de Janeiro: LTC, 2009.

GELSON LUZ. **O que é Limite de escoamento?** Biblioteca On-Line. Disponível:

<<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/o-que-e-limite-de-escoamento.html>>. Acesso em: 29 julho 2021.

GELSON LUZ. **2021: Aço ASTM A36 Propriedades Mecânicas e Composição Química.**

Biblioteca On-Line. Disponível: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/astm-a36-propriedades-mecanicas-e-composicao-quimica.html>>. Acesso em: 29 julho 2021.

OSMAR OLIVEIRA – SOS BAÚ. **A importância de um para-choque para a segurança dos outros motoristas.** Biblioteca On-Line. Disponível:

<<http://www.sosbau.com.br/blog/dicas/para-choque-do-caminhao/>>. Acesso em: 10 julho 2021.

DETRAN (departamento de trânsito do Paraná) – **Curiosidades – Você Sabia...**

Biblioteca On-Line. Disponível: <<http://www.educacaotransito.pr.gov.br/pagina-221.html>>. Acesso em: 01 novembro 2021.