

**Alunos:** Axel Baher Lukin, Bruna Maria Barbosa Ribeiro, Davi Henriques Leal, Fernando Feitosa, Guilherme Ivo da Fonseca Espada, Lucas Longhini e Talita Vacco.

**Orientador:** Jairo de Lima Souza (jairosouza@fei.edu.br)



## SAFEBUMPERS: DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL DO PARA-CHOQUE TRASEIRO DE CARRETAS PARA MAXIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA

**Resumo:** Segundo a PRF (Polícia Rodoviária Federal), ocorrem mais de 21 mil acidentes com caminhões por ano no Brasil, sendo o mais comum a colisão traseira com um índice de 80% de vítimas. Isso se deve aos efeitos cunha e guilhotina ocasionados pela falha dos para-choques traseiros. Para atacar este problema surge o SafeBumpers, um para-choque traseiro de carretas, reformulado tanto em materiais quanto em geometria, para aumentar a segurança, mitigando o risco de intrusão ao aumentar a resistência ao impacto e reduzir a deformação do para-choque. O para-choque desenvolvido contou com reforços laterais e transversais além do uso de aços nobres. Foram realizadas análises estáticas não lineares previstas pela norma e análises dinâmicas (*crash test*), nas quais o para-choque desenvolvido se mostrou eficiente para aumento da segurança, suportando maiores tensões e velocidades de impacto, impedindo a intrusão do veículo colidente e reduzindo danos ao veículo, mitigando assim o risco de efeitos cunha e guilhotina.

### I. Introdução

Um dos temas mais relevantes no quesito do desenvolvimento do setor de transportes é o aumento da segurança. Em 2021, a Organização Mundial da Saúde instituiu a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030, cuja meta é de prevenir no mínimo 50% das mortes e lesões no trânsito até 2030.

Nesse sentido, segundo a PRF, ocorrem mais de 21 mil acidentes com caminhões por ano no Brasil, sendo o mais comum a colisão traseira com um índice de 80% de vítimas fatais ou feridas e representando mais de 44% de todos os custos com acidentes de trânsito, chegando a R\$5,7 bilhões por ano. Isso se deve a dois principais efeitos: o guilhotina, em que a carroceria do caminhão penetra no interior do veículo podendo decapitar os ocupantes e o cunha, em que o para-choque do veículo colidente entra sob o caminhão impulsionando a traseira para cima. Ambos possuem altos índices de mortalidade e se devem à falha dos para-choques traseiros.



### I.I Objetivos

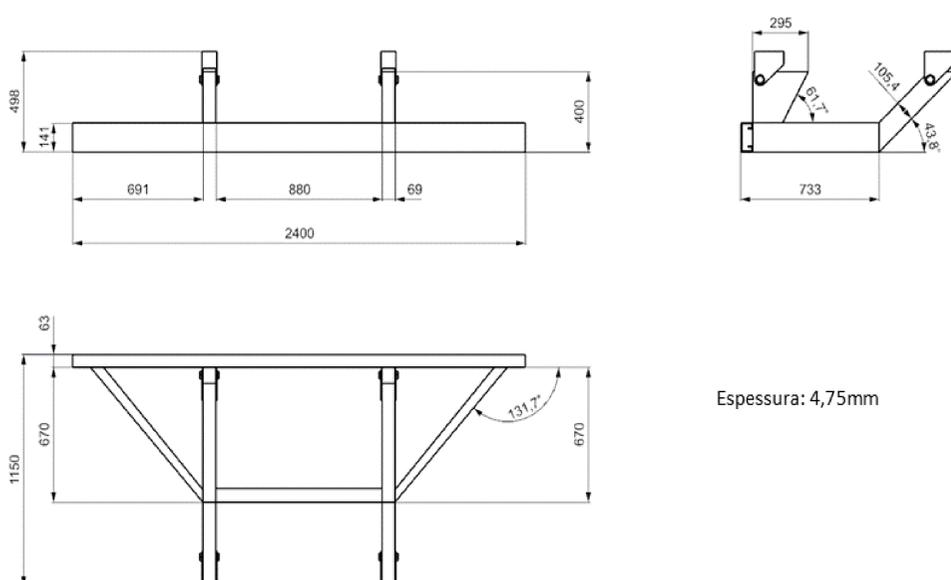
Com base nesta perspectiva, o SafeBumpers foi criado com o objetivo de desenvolver um para-choque traseiro de carretas, tanto em materiais quanto em geometria, garantindo maior segurança. Isso será feito pela mitigação da intrusão do veículo colidente à estrutura da carreta, aumentando a resistência ao impacto e reduzindo a deformação do para-choque, para assim reduzir a mortalidade por efeitos cunha e guilhotina.

### II. Metodologia

O desenvolvimento do para-choque teve como base inicial os estudos de Mariolani (2009) em relação à adição de mais barras a fim de aumentar tanto a resistência ao impacto do para-choque quanto a dissipação de energia. Foram adicionadas barras laterais e transversais chegando a uma primeira proposta do projeto.

Em seguida foram realizadas parcerias com a Scania e a JSL a fim de obter dados reais do para-choques. Nas visitas em campo a estas empresas o grupo pode tirar as medidas, entender a viabilidade de materiais e processos e captar dados de mercado. Tais parceiros também foram fundamentais no auxílio nas análises computacionais.

A partir das visitas de campo, foi elaborada a proposta final do para-choque desenvolvido, já com as medidas adequadas para fixação nas carretas, conforme as legislações vigentes (Resoluções nº 952 e nº 593 do CONTRAN), garantindo o atendimento às normas.



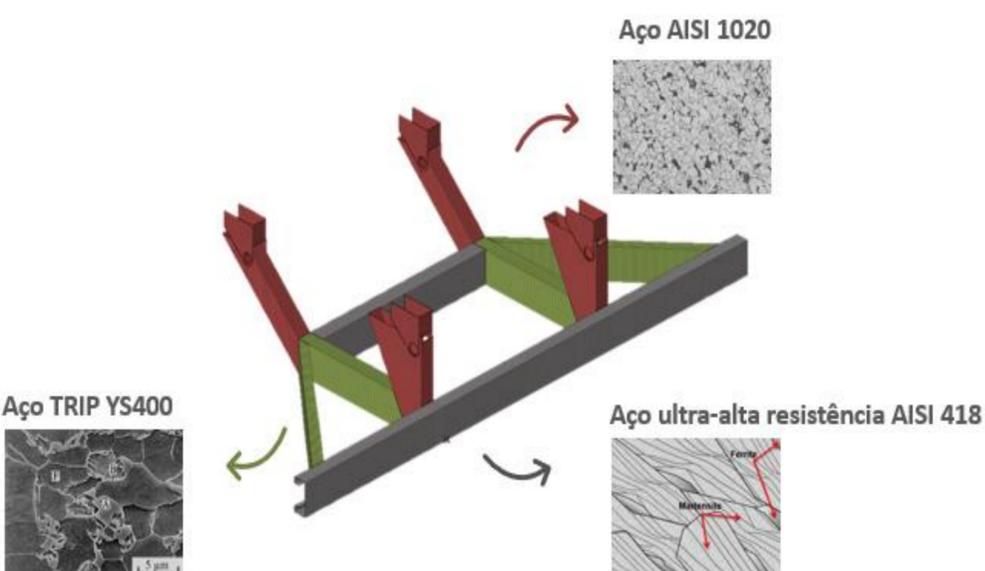
Em termos de materiais propostos, foram utilizados aços nobres já utilizados na indústria automobilística em conjunto com aço baixo carbono, o qual já é utilizado na fabricação dos para-choques atuais.

**Alunos:** Axel Baher Lukin, Bruna Maria Barbosa Ribeiro, Davi Henriques Leal, Fernando Feitosa, Guilherme Ivo da Fonseca Espada, Lucas Longhini e Talita Vacco.

**Orientador:** Jairo de Lima Souza (jairosouza@fei.edu.br)

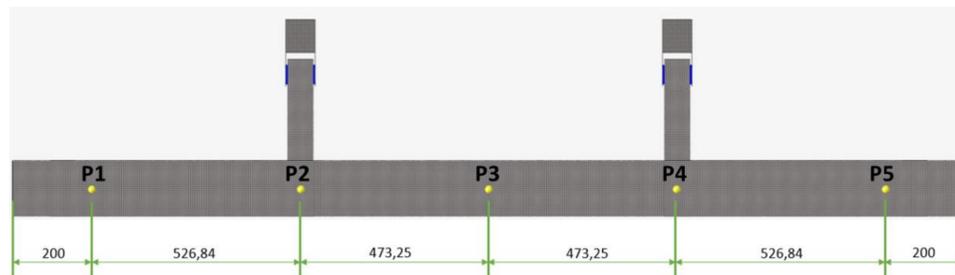


## SAFEBUMPERS: DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL DO PARA-CHOQUE TRASEIRO DE CARRETAS PARA MAXIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA

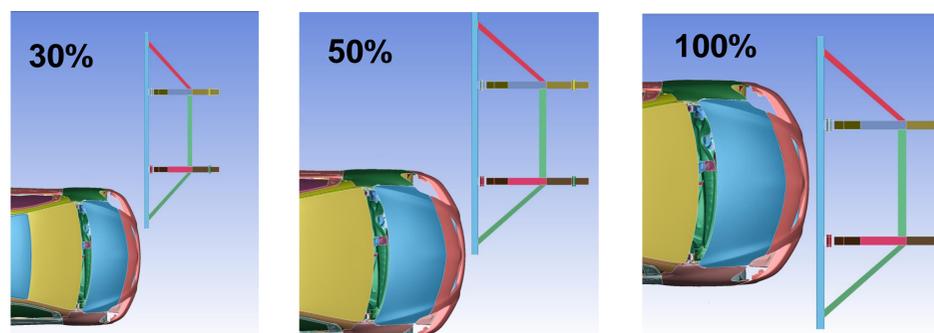


- **Barras horizontais frontal e traseira (AISI 418):** A barra frontal, de aço de ultra alta resistência, melhora a resistência ao impacto do para-choque, evita danos à estrutura e traz uma distribuição da energia do impacto para as barras de aço TRIP e para o *crash box* do veículo colidente, evitando assim a intrusão. Na barra traseira, a aplicação deste aço evita a torção do para-choque, causa comum do efeito guilhotina, o que já é mitigado pela própria adição da barra.
- **Barras transversais (TRIP YS400):** O aço TRIP é um aço de microestrutura adaptativa com deformação programável, endurece a medida que deforma. Com isso, a energia do choque é absorvida por estas barras durante sua deformação, suavizando o impacto e evitando a intrusão do veículo à estrutura da carreta nas colisões ocorridas nas extremidades do para-choque (pontos críticos da estrutura).
- **Barras verticais (AISI 1020):** O aço estrutural é comumente utilizado em para-choques e foi mantido nas barras verticais por custo benefício, uma vez que seu papel é de menor peso durante a colisão. A adição das barras verticais traseiras garante a fixação estabilidade do para-choque nas carretas.

Em termos de análise, foram realizadas análises estáticas não lineares no software *Abaqus*, conforme previsto por norma. O pré-processamento foi realizado no software *Hypermesh*, no qual a malha utilizada foi do tipo *shell* com elementos mistos de 5 mm, definida de modo experimental e com base nas boas práticas de elementos finitos. Também foram restringidos os movimentos dos suportes. Foi aplicado um deslocamento de 125 mm, conforme a norma orienta, em 5 pontos do para-choque a fim de obter as forças suportadas e o máximo deslocamento em cada ponto.

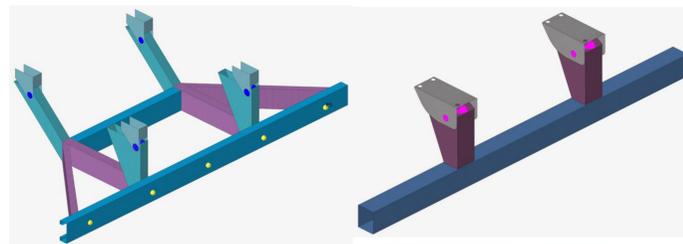


Para a análise dinâmica (*crash test*) no software *LS-Dyna*, a malha utilizada foi também do tipo *shell* com elementos mistos mas de 6 mm, para compatibilidade com o modelo do veículo utilizado para o teste (modelo de veículo de 1000 kg previamente validado por estudos anteriores). Também foram aplicadas restrições de movimento nos suportes e as simulações de colisão foram realizadas com uma velocidade de 60km/h. Foram analisados três diferentes posicionamentos: 30%, 50% e 100% de sobreposição do para-choque com a largura do carro e como premissas, tem-se que se o veículo ultrapassa o para-choque, pode-se assumir que houve os efeitos cunha e guilhotina e se houverem danos ao para-brisa e à coluna A do veículo colidente, pode-se assumir grande chance de ferimentos graves aos integrantes do veículo.



### III. Resultados e Discussões

Como resultado da análise estática, a norma exige que a deformação plástica residual seja inferior a 125 mm. O para-choque desenvolvido teve deformação máxima de 50 mm, logo, atende as normas. Ademais, o para-choque desenvolvido apresentou maior resistência ao impacto comparado ao convencional, suportando tensões em média 120% maiores, velocidades de impacto de 77% a 128% maiores e deslocamento 38% menor nos pontos mais críticos. Já no ponto central, o maior deslocamento, de 50 mm, é esperado para maior dissipação de energia. Observa-se também que em nenhum ponto foi ultrapassado o deslocamento de 125 mm

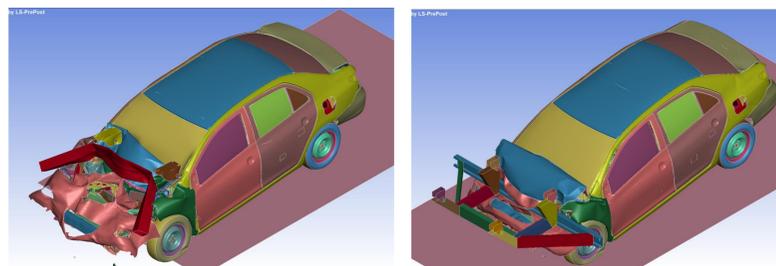
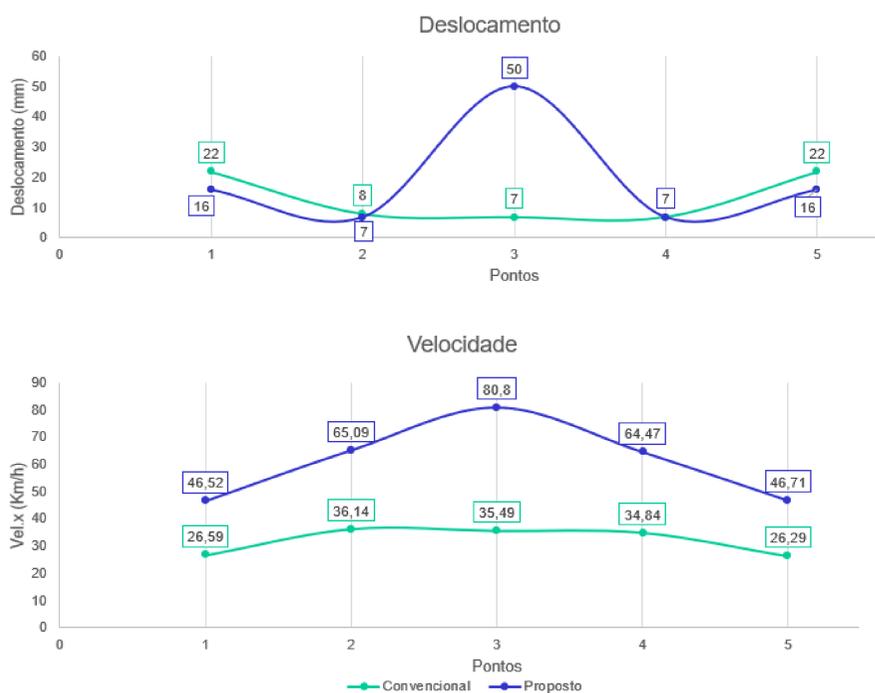


**Alunos:** Axel Baher Lukin, Bruna Maria Barbosa Ribeiro, Davi Henriques Leal, Fernando Feitosa, Guilherme Ivo da Fonseca Espada, Lucas Longhini e Talita Vacco.

**Orientador:** Prof. Me. Jairo de Lima Souza (jairosouza@fei.edu.br)



## SAFEBUMPERS: DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL DO PARA-CHOQUE TRASEIRO DE CARRETAS PARA MAXIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA



Em relação a custo, foram realizadas cotações com o preço e a quantidade de material utilizado em cada para-choque e conclui-se que há um aumento de 142% no custo do para-choque desenvolvido, o que já era esperado devido ao reforço da geometria e uso de aços nobres. Contudo, uma vez que o desempenho em aumento de segurança foi considerável e o valor da vida é inestimável, o encarecimento é justificável.

### IV. Conclusões

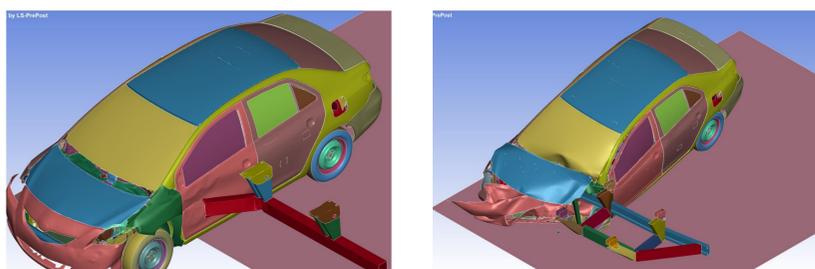
O para-choque desenvolvido apresentou maior resistência ao impacto, suportou maiores valores de velocidades e tensões, evitou a intrusão do veículo, apresentou menores danos ao veículo colidente e se mostrou aprovado mediante às exigências da norma. Obtendo sucesso em todas as situações, foi constatado funcionamento adequado do SafeBumpers para aumento da segurança e redução de efeitos cunha e guilhotina.

Entretanto, alguns passos futuros ainda são necessários como a prototipagem em escala real, a otimização para redução de peso e custo, estudos com intrusão de motocicletas e até mesmo estudos para contribuir para a revisão das normas vigentes.

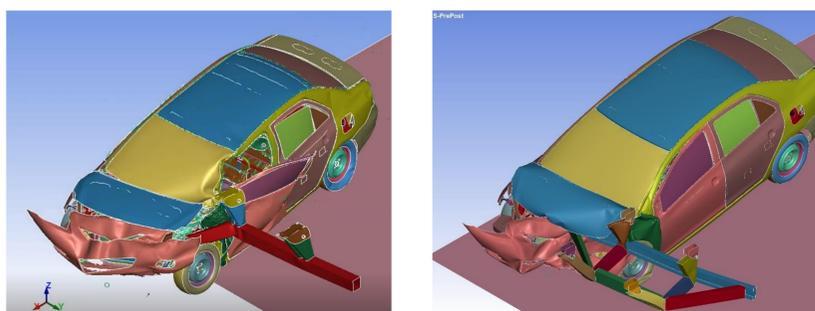
### Referências

- [1] PRF. **Dados abertos da PRF**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-da-prf>. Acesso em: 12 out. 2023.
- [2] CONTRAN. **Para-choque traseiro de caminhões**: Resolução 152 do CONTRAN. 2022. Disponível em: [http://www.vias-seguras.com/veiculos/seguranca\\_veicular\\_dos\\_caminhoes/para\\_choque\\_traseiro\\_para\\_caminhoes\\_resolucao\\_152\\_do\\_contran](http://www.vias-seguras.com/veiculos/seguranca_veicular_dos_caminhoes/para_choque_traseiro_para_caminhoes_resolucao_152_do_contran). Acesso em: 20 set. 2023.
- [3] MARIOLANNI, J. **Estudo teórico e experimental dos requisitos técnicos de segurança veicular a serem atendidos por para-choques traseiros de caminhões**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Unicamp, Campinas. 2009. Disponível em <https://core.ac.uk/download/pdf/296851973.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

Em termos dos resultados das análises dinâmicas, no posicionamento de 30% da largura do veículo, que é a situação mais crítica, o para-choque convencional não é capaz de parar o veículo, o qual passa com uma velocidade residual de 45 km/h, ocorrendo efeito guilhotina, enquanto o para-choque desenvolvido é capaz de frear totalmente o veículo.



No posicionamento de 50%, o para-choque convencional não é capaz de parar o veículo, o qual ultrapassa o para-choque a uma velocidade de 25 km/h, ocorrendo efeito guilhotina, enquanto o para-choque desenvolvido é capaz de frear totalmente o veículo.



Por fim, no posicionamento de 100%, ambos os para-choques param o veículo, mas o convencional danifica o para-brisa e a coluna A do veículo, o que remete maiores danos aos ocupantes, enquanto o para-choque desenvolvido afeta apenas o *crash box*.