

## ANÁLISE NUMÉRICA ESTÁTICA EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PARA MOTOCICLISTAS FEITO COM MANUFATURA ADITIVA

Lucas Messias Cunha de Araujo  
Manuel Nascimento Dias Barcelos Júnior  
Rodrigo Evangelista Aguiar de Souza  
Giovanni Assante

Universidade de Brasília, Campus Gama – UNB/FGA, St. Leste Projeção A, Gama Leste, Brasília, DF, Brasil.  
lucas.messias1998@hotmail.com; manuelbarcelos@aerospace.unb.br; rodrigo96.unb@gmail.com; gi.assante@gmail.com

Vera Regina Marães

Universidade de Brasília, Campus Ceilândia – UNB/FCE, Campus Universitário, Centro Metropolitano, Ceilândia Sul, Brasília, DF, Brasil.  
veraregina@unb.br

**Resumo:** Segundo dados fornecidos pelo Ministério da saúde e pela Polícia Rodoviária Federal, mais de 90% dos acidentes de trânsito no Brasil em 2020 e 2021 envolveram motociclistas. Estas estatísticas, juntamente com a carência de equipamentos de proteção eficientes e acessíveis para os condutores desta categoria, ressaltam a grande vulnerabilidade a qual estão constantemente submetidos. Com o objetivo de abrandar os efeitos provenientes dos acidentes fatais e acidentes que podem causar lesões permanentes, será apresentado neste trabalho o início do estudo e desenvolvimento de um protótipo de Equipamento de Proteção Individual (EPI) para motociclistas, onde tal protótipo busca não somente proporcionar maior segurança e conforto, mas também facilitar o acesso a este equipamento. Por conta disso, seu desenvolvimento buscou encontrar a combinação mais eficiente de materiais e métodos de produção alternativos, fazendo com que o produto possa ser facilmente modelado para produção em escala industrial. O desenvolvimento deste equipamento se dará inicialmente por modelagem CAD 3D através de um software comercial, onde as medidas do equipamento são parametrizadas com o intuito de adaptar as análises para diversas características físicas que se deseje. Após a modelagem 3D, são realizadas simulações estáticas por elementos finitos utilizando o software comercial Ansys, onde foram consideradas algumas combinações de materiais para o equipamento com o intuito de obter uma comprovação inicial da sua eficiência mecânica no que diz respeito a absorção de tensões transmitidas para o corpo e deslocamento do equipamento. Os resultados numéricos obtidos serão posteriormente validados através da comparação com os resultados experimentais, que por sua vez serão posteriormente obtidos por ensaios realizados em laboratório considerando as mesmas condições de contorno adotadas nas simulações deste trabalho. A construção do equipamento de proteção se dará principalmente por impressão 3D, em que será produzida uma estrutura sanduíche por manufatura aditiva com camada central de material polimérico, revestimentos constituídos de um compósito de matriz epóxi reforçado com fibras e uma camada mais externa de EVA para dar ao produto uma característica mais ergonômica no encaixe com o corpo. Com a fase inicial da pesquisa bem sucedida, obtendo-se resultados satisfatórios das simulações, será possível viabilizar a utilização da estrutura sanduíche para peças de proteção individual para motociclistas.

**Palavras-chave:** Impressão 3D; Motociclista; Elementos finitos; estrutura sanduíche

### 1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito podem ser classificados em decorrência de diversos fatores, dentre eles, como um problema de segurança pública. Nesse sentido, estima-se que aproximadamente 150 mil pessoas são vítimas no cenário nacional, o que acarreta para o governo um custo aproximado de 28 milhões de reais anuais. Com relação a esses dados, em 2007 foram registrados cerca de 8078 óbitos relacionados com acidentes motociclistas, representando cerca de 21,6% das mortes por incidente de trânsito (NASCIMENTO, et al., 2010).

As motos em geral possuem menor instabilidade e proteção em comparação com outros veículos, o que pode ser explicado por diversos fatores, como sua geometria e por possuir apenas duas rodas em sua construção (ISLAM & BROWN, 2017 apud RAMOS et al., 2022). Com isso, condutores de motos possuem probabilidade estimada 26 vezes maior de ocorrência de fatalidades em comparação com condutores de carros (NHTSA, 2015 apud RAMOS et al., 2022). Para tratar essa problemática, é de extrema importância realizar o levantamento dos tipos de protetores que podem ser desenvolvidos, onde, neste contexto, destaca-se o foco nos membros inferiores, superiores e tórax, membros que possuem obrigatoriedade de proteção segundo a lei brasileira. Além disso, metade de todas as mortes relacionadas a colisões de

veículos a motor ocorrem logo depois do impacto, tornando o socorro médico inviável (SANTOS, 2008 apud SANTOS et al., 2021). Por conta disso, faz-se necessária a utilização de equipamentos que visam arrefecer os danos provenientes de acidentes, onde o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) ajuda a minimizar os riscos de ferimentos graves, diminuindo situações críticas ao conduto e tornando o socorro médico viável. Além disso, os custos provenientes da implementação de EPIs podem ser exponencialmente menores em comparação com os custos necessários para arcar com possíveis cirurgias e medicamentos.

O objetivo do projeto é desenvolver um dispositivo de segurança individual de baixo custo e ótimo comportamento mecânico utilizando a manufatura aditiva. A manufatura aditiva é amplamente empregada nas indústrias aeronáutica e automotiva devido possibilitar a fabricação de peças com pouco desperdício de matéria prima, além de também possibilitar o emprego de grande variedade de materiais e reduzir etapas de fabricação do produto (EVANS E BANG, 1967).

O objetivo principal deste estudo consiste na análise e comprovação da eficiência de um modelo de equipamento de proteção individual para motociclistas por meio de simulações estáticas utilizando o método dos elementos finitos em um software comercial. Desde que as simulações sejam conduzidas respeitando as restrições físicas reais, o método permite a obtenção de resultados precisos e confiáveis sem a necessidade de construção de um extenso número de protótipos. O processo da simulação inclui o refinamento da malha a ser utilizada, seguido da análise de diferentes materiais, visando determinar qual combinação de materiais apresenta o melhor comportamento mecânico em relação a tensão absorvida e deslocamento suportado. Com esta metodologia, adaptações no projeto podem ser conduzidas com menor custo e mais eficiência, visando o desenvolvimento de um protótipo de caneleira.

## 2. METODOLOGIA

A concepção dos protetores se iniciou com base nas medidas de uma pessoa com 1,75 m com peso de 70 kg, o que possibilitou a realização da modelagem CAD preliminar que servirá de base para as análises a serem desenvolvidas posteriormente. É importante salientar que as dimensões do modelo CAD da caneleira tiveram suas medidas parametrizadas, com o intuito de facilitar a mudança para outras características físicas e facilitar o processo de produção industrial.

As análises estáticas posteriores são então conduzidas no ambiente Static Structural do pacote Ansys Workbench. O objetivo do trabalho é identificar a eficácia do equipamento e saber qual é o melhor material para ser utilizado. Os equipamentos foram projetados com 4 camadas, conforme mostrado na figura 2. O objetivo principal do equipamento é diminuir consideravelmente as tensões transmitidas para o corpo humano em situações em que ocorram carregamentos diversos provenientes de acidentes de trânsito, como por exemplo acidentes em que a perna de um motociclista fique prensada em estruturas metálicas.

### 2.1. Definição de parâmetros iniciais da simulação computacional

Os títulos Antes de se adentrar no campo da simulação computacional, é de extrema importância a definição e parâmetros básicos a serem utilizados, como os materiais a serem utilizados, a intensidade e ponto de aplicação do carregamento na caneleira, condições de contorno e hipóteses simplificadoras para facilitar a discretização do modelo.

Iniciando pela escolha dos materiais, tem-se que os principais materiais utilizados na literatura em impressões 3D são o ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), Nylon e PLA (poli ácido láctico). É de conhecimento geral que os materiais compósitos são excelentes na função de reforços estruturais devido sua alta capacidade de absorver energia de impacto e possuir um baixo peso estrutural. Sendo assim, é comum a utilização de compósitos com matriz de epóxi reforçado com fibras de vidro ou carbono. As Tabelas 1 e 2 ilustram as principais propriedades mecânicas dos materiais mencionados.

Tabela 1. Propriedades principais utilizadas dos polímeros (3D LAB, 2020), (Lima et al., 2021) e (JIA, 2017).

| Propriedades                   | ABS  | Nylon | PLA  | EVA  |
|--------------------------------|------|-------|------|------|
| Tensão de Escoamento (MPa)     | 45   | 38    | 66   | 14,5 |
| Módulo de Elasticidade (MPa)   | 1400 | 2350  | 4350 | 8,8  |
| Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,02 | 1,04  | 1,24 | 0,92 |

Tabela 2. Propriedades principais utilizadas dos compósitos (MATWEB), (SILVA et al., 2020) e (CAMPOS e SOUFEN, 2016).

| Propriedades                   | Epóxi/Fibra de Carbono | Epóxi/Fibra de Vidro |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| Tensão de Escoamento (MPa)     | 1230                   | 184,35               |
| Módulo de Elasticidade (GPa)   | 541,5                  | 45                   |
| Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 414,9                  | 1,54                 |

Iniciando pela escolha dos materiais, tem-se que A Figura 1 ilustra o modelo de caneleira já acoplado ao modelo de tíbia do corpo humano, bem como também ilustra as camadas que compõem a estrutura sanduíche da caneleira. Essas

camadas consistem em uma camada principal de material polimérico, camadas de revestimento compostas de material compósito de matriz epóxi e uma camada anatômica de EVA. Para determinar o melhor material a ser usado, foi fixado como padrão a espessura de cada camada, onde as camadas constituídas de polímeros têm uma espessura de 3 mm, e as de compósitos possuem 1 mm.

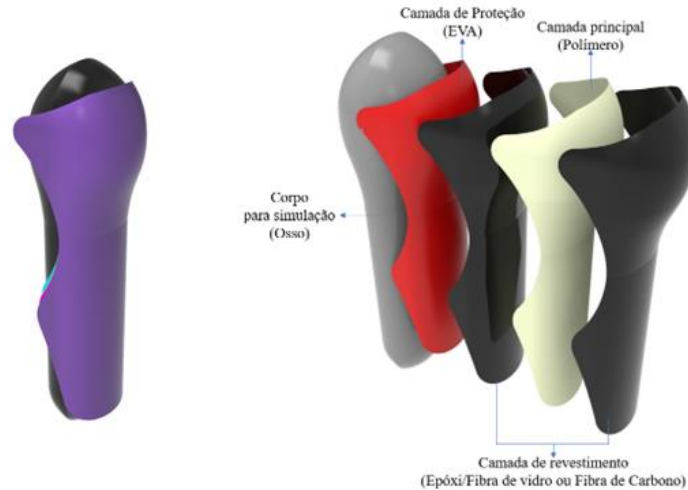


Figura 1. Vista isométrica do modelo de caneleira e composição da estrutura sanduíche

## 2.2. Condições de contorno Equações

Para análise numérica da eficiência da caneleira, a situação escolhida foi a de uma colisão de uma moto com um carro, na qual o carro está parado e a moto está com uma velocidade de 80 km/h, velocidade que foi determinada através das normas de trânsito brasileiro por ser a maior velocidade dentro das cidades. Para cálculo da força, o impacto é considerado essencialmente plástico, de modo que os veículos não se distanciam para longe, o que faz com que os corpos continuem colados e com uma massa combinada na mesma direção (RECHNITZER e POWELL e SEYER, 2001).

Considerando a equação do impacto mecânico, pode-se calcular a força média de impacto ( $F$ ), sendo esta força modelada como uma carga estática, conforme Eq. (1). A equação leva em consideração a massa do carro ( $m_1$ ), a massa da moto com o condutor ( $m_2$ ), a velocidade do carro ( $V_1$ ), a velocidade da moto ( $V_2$ ) e a deformação total do corpo ( $s$ ) que é encontrada utilizando a Eq. (2), que por sua vez representa o tempo de duração do impacto ( $t$ ) (RECHNITZER e POWELL e SEYER, 2001).

$$F = \frac{m_1 m_2 (V_1 + V_2)^2}{2(m_1 + m_2)s} \quad (1)$$

$$t = \frac{2s}{(V_1 + V_2)} \quad (2)$$

A tabela 3 apresenta os parâmetros de entrada utilizados nos cálculos da força média, bem como o valor final obtido de 7,1kN

Tabela 3. Dados para as análises.

| Variáveis                           | Dados   |
|-------------------------------------|---------|
| Massa do carro ( $m_1$ )            | 990 kg  |
| Massa da moto e condutor ( $m_2$ )  | 190 kg  |
| Velocidade do carro ( $V_1$ )       | 0 km/h  |
| Velocidade da moto ( $V_2$ )        | 80 km/h |
| Tempo de duração do impacto ( $t$ ) | 0,5 s   |
| Força média de impacto              | 7,1 kN  |

Na modelagem da caneleira, foi construído um modelo para simular a diáfise da tíbia, que consiste em ter mais ou menos 8 mm de espessura (Mandarano-Filho LG et al., 2012). Além disso, foi atribuído para esse modelo uma resistência a tração de aproximadamente 93 MPa (EVANS E BANG, 1967) e tensão de escoamento de 114 MPa (MATWEB, 2022).

Essa tensão está relacionada aos ossos corticais, na qual a tíbia faz parte desse grupo que são ossos mais longos, densos e resistentes (TORTA; TORTORA; DERRICKSON, 2011). Foi levado em consideração apenas as características do osso da tíbia, pelo fato de não ter encontrado propriedades característica do conjunto completo da perna que possui osso, músculo e pele.

### 2.3. Análise estática por elementos finitos

As análises numéricas computacionais foram realizadas através do software comercial Ansys Workbench 2021 R1, que possui formulação baseada no método de elementos finitos para análises estruturais. O software disponibiliza uma biblioteca de materiais e as condições de contorno necessárias para implementação nos equipamentos.

A modelagem dos elementos da tíbia foi realizada fazendo-se uso de elementos sólidos, onde o elemento finito utilizado foi o SOLID186. Trata-se de um elemento 3D padrão da biblioteca do Ansys, que possui 20 nós e 6 graus de liberdade por nó ao longo das direções cartesianas. Para a caneleira, foram utilizados elementos de superfície SHELL181, sendo este um elemento finito com 4 nós e seis graus de liberdade por nó. A discretização da estrutura foi realizada tomando-se como base o padrão de métrica de malha do próprio software, denominado de element quality. Trata-se de um valor numérico que varia de 0 para má qualidade a 1 para ótima qualidade dos elementos, onde a ótima qualidade confere à malha um excelente condicionamento no que diz respeito à presença mínima de imperfeições que podem afetar a representação fidedigna do modelo físico real. O artigo trabalha com valores de element quality acima de 0,4. Ressalta-se que a malha é ajustada conforme resultados obtidos da análise de convergência de malha a ser efetuada, visando garantir que a malha adotada não influencie na estabilidade dos resultados obtidos.

Após a discretização, foram estabelecidas as condições de contorno (Fig. 3), onde colocou-se a força calculada na parte frontal do equipamento, e as arestas superior e inferior do equipamento foram fixadas de tal maneira que aconteça a flexão no protetor.

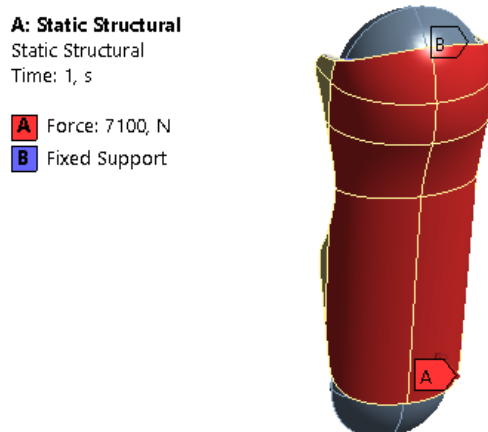


Figura 2. Condições de contorno atribuídas para a caneleira

## 3. RESULTADOS

Tendo todas as condições definidas para a realização da simulação numérica, é possível iniciar o procedimento computacional, que engloba a aplicação da carga, análise de convergência de malha e obtenção dos resultados.

### 3.1. Análise de convergência de malha

A Figura. 3 e as Tabelas 4 e 5 ilustram os dados relacionados à análise de convergência de malha. Na figura, é observado a variação da tensão no modelo de tíbia em função do número de elementos da malha, considerando a presença e a ausência da do protótipo de caneleira. No que tange a análise de convergência para a tíbia sem a caneleira mostrada na Fig. 4a), observa-se que os valores de tensão obtiveram pouca alteração mudando da malha V para a VI, conforme mostrado na Tab. 4. Sendo assim, optou-se por trabalhar com a malha V visando poupar custo computacional. Levando em consideração a implementação da caneleira, a análise de convergência mostrada na Fig. 4b) ressalta que há pouca flutuação no valor de tensão a partir da malha 7 em diante. Sendo assim, optou-se por trabalhar com a malha 8, conforme mostrado na Tab. 5, visto que além de poupar custo computacional, essa malha apresenta uma boa quantidade de elementos para representar a caneleira.

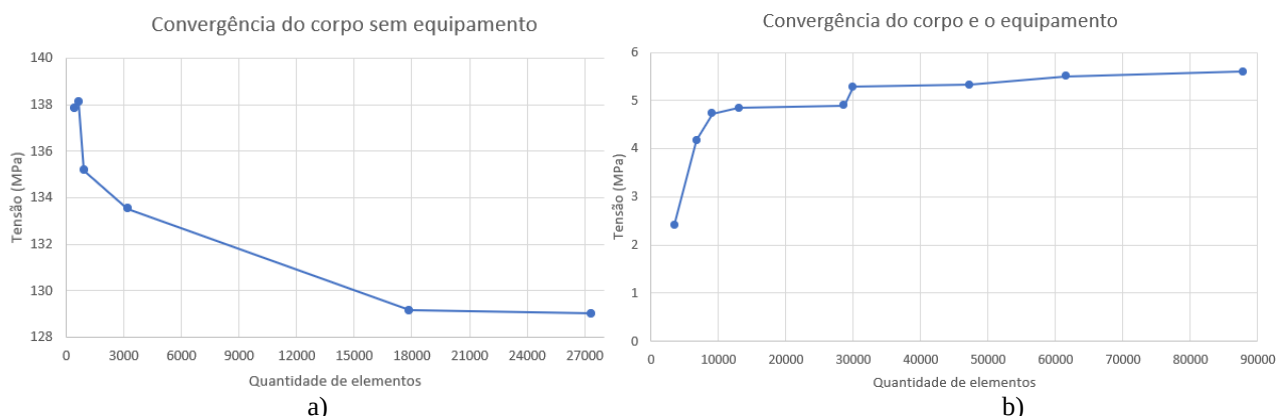


Figura 3. Análise de convergência: a) Corpo sem equipamento; b) Corpo com equipamento

Tabela 4: Relação entre a quantidade de elementos por malha e a tensão sofrida pelo modelo de tíbia.

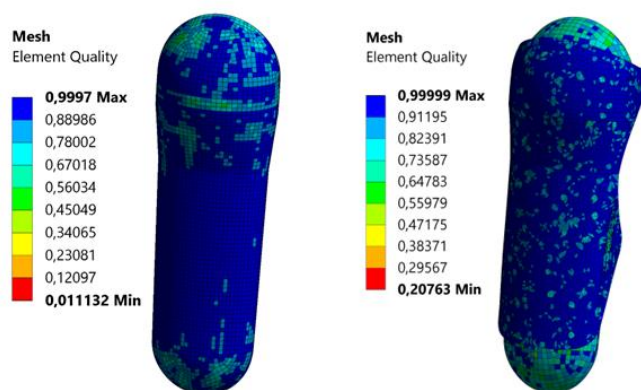
| Malha | Quantidade de elementos | Tensão (MPa) |
|-------|-------------------------|--------------|
| I     | 449                     | 137,86       |
| II    | 661                     | 138,13       |
| III   | 940                     | 135,18       |
| IV    | 3197                    | 133,53       |
| V     | 17886                   | 129,15       |
| VI    | 27362                   | 129,01       |

Tabela 5: Relação entre a quantidade de elementos por malha e a tensão sofrida pelo modelo de tíbia com o equipamento.

| Malha | Quantidade de elementos | Tensão (MPa) |
|-------|-------------------------|--------------|
| 1     | 3482                    | 2,42         |
| 2     | 6811                    | 4,17         |
| 3     | 9084                    | 4,73         |
| 4     | 13014                   | 4,8483       |
| 5     | 28616                   | 4,9          |
| 6     | 30000                   | 5,28         |
| 7     | 47316                   | 5,33         |
| 8     | 61536                   | 5,5          |
| 9     | 87784                   | 5,6          |

### 3.2. Qualidade da malha computacional

Para análise das tensões, é primeiramente verificado a qualidade dos elementos das malhas adotadas, com o intuito de garantir que os resultados possam representar o modelo físico real da maneira mais fidedigna possível. Os resultados da qualidade dos elementos são observados na Fig. 4, onde observa-se que a maior parte dos elementos tem valor de métrica acima de 0,5. Com isso, pôde-se dar prosseguimento para o processo de simulação estrutural.



a) b)  
Figura 4. Qualidade das malhas utilizadas: a) Malha V; b) Malha 8

### 3.3. Análise de tensões e deslocamentos

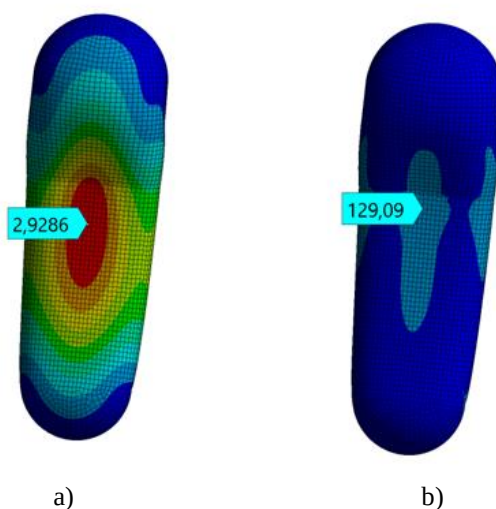
Para as combinações de materiais mencionadas previamente, as simulações foram conduzidas mudando apenas a fibra do compósito utilizado como revestimento, onde utilizou-se o compósito de matriz epóxi reforçado com fibra de vidro e fibra de carbono. Os resultados de tensão e deslocamento considerando os materiais utilizados são mostrados abaixo na Tab. 6.

Tabela 6. Parametrização das combinações de materiais.

| Combinações            |       | Tensão Máxima (MPa) | Deformação (mm) |
|------------------------|-------|---------------------|-----------------|
| Epóxi/Fibra de Vidro   | ABS   | 7,3                 | 0,24            |
|                        | PLA   | 7,1                 | 0,21            |
|                        | Nylon | 7,5                 | 0,29            |
| Epóxi/Fibra de Carbono | ABS   | 6,1                 | 0,14            |
|                        | PLA   | 5,5                 | 0,12            |
|                        | Nylon | 6,6                 | 0,18            |

Pela análise dos valores, é possível observar que a combinação com fibra de carbono se mostrou mais eficiente devido sofrer menores valores de tensão e deslocamento para a carga aplicada. Isso mostra que o modelo de caneleira com esse material se apresenta mais rígido, podendo ser uma excelente alternativa para acidentes que envolvam impactos violentos. Além disso, é conhecido pelos ensaios experimentais das ligas de aço que protetores com essas ligas possuem alto grau de deformação dado a alta ductibilidade de ligas metálicas. Equipamentos de proteção constituídos com essas ligas podem ser extremamente perigosos, visto que a alta deformação pode acarretar na formação de superfícies pontiagudas, contribuindo para o risco de lesões e ferimentos graves dos acidentes.

Considerando os resultados para a combinação que utiliza a fibra de carbono, os resultados de tensão e deformação sofridos pela tíbia sem presença da caneleira podem ser apreciados na Fig. 5, onde observa-se que a tensão na tíbia sem a caneleira, Fig. 5b), está bem próxima da tensão de escoamento do osso, além de apresentar uma deformação alta. Caso aconteça ao condutor um acidente que possa ter a magnitude da força aplicada através das condições anteriores, ele poderia ter sequelas ou a recuperação poderá ser demorada, o que poderia ser ainda mais grave caso a carga possuía natureza dinâmica devido cargas dessa natureza possuem comportamento não linear, apresentando valores de tensões muito instáveis e elevados.



a) b)  
Figura 5. Resultados para o modelo de tíbia sem protetor: a) Deformação (mm); b) Tensão (MPa)

A Figura 6 apresenta os valores de tensão e máximo deslocamento sofridos pela tíbia já com a presença da caneleira. Comparando os valores de tensão e deformação da Fig. 6 com os respectivos valores da Fig. 5, observa-se uma diminuição de mais de 95 % em relação a tensão, o que mostra que quase toda tensão que seria transmitida para o osso foi absorvida e distribuída ao longo da caneleira. Tais valores de tensão aliados ao baixo deslocamento (Fig. 6a)) comprovam a eficiência da caneleira em mitigar os danos provenientes de carregamentos.

## 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a análise estática inicial de um modelo de caneleira para motociclistas feita com manufatura aditiva visa guiar o projeto para o desenvolvimento de um protótipo mais eficiente, sendo capaz de suportar altos valores de tensão e baixos deslocamentos sem o colapso da estrutura, fazendo com que a tensão que seria transmitida para o corpo humano seja distribuída no próprio equipamento. Realizadas tais considerações, obtém-se alguns pontos importantes da análise:

- A utilização da manufatura aditiva agrega flexibilidade e economia na produção, pois permitir várias combinações de materiais e minimiza o desperdício. Isso faz com que o custo final do produto seja inferior aos existentes do mercado, tornando a caneleira mais acessível ao consumidor, sendo este, um dos objetivos principais do projeto.
- A análise mecânica apresentou bons resultados de tensão absorvida e deslocamento sofrido. pretende-se no protótipo real fabricar o núcleo como uma estrutura honeycomb laminada externamente com fibra de carbono ou vidro. Isso faz com que o produto final tenha uma boa margem de confiabilidade, uma vez que os resultados dos testes experimentais tendem a apresentar valores possivelmente melhores em relação aos resultados das simulações computacionais.

Realizadas tais considerações, este trabalho tem o intuito de levar esse tema a uma pesquisa mais aprofundada futuramente, já apresentando o modelo construído por manufatura e os resultados dos testes experimentais conduzidos em laboratório. Além disso, espera-se também confeccionar um modelo físico de material isotrópico padrão, como alguma liga de alumínio o metal, para testes numéricos e experimentais. O objetivo é comparar os resultados de materiais convencionais com a combinação de materiais proposta neste trabalho, além de também estudar os custos de produção de um componente fabricado com materiais convencionais. Isso irá reforçar ainda mais a eficiência do modelo proposto neste trabalho.

## 5. AGRADECIMENTOS

Este estudo ocorreu graças ao apoio institucional da Universidade de Brasília (UNB) e ao apoio com bolsa de iniciação científica proporcionado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

## 6. REFERÊNCIAS

- 3D LAB (Brasil). Impressão 3D. In: PORTELA, Sérgio. Impressora 3D DLP: aprenda como funciona essa tecnologia. [S. l.], 11 fev. 2020. Disponível em: <https://3dlab.com.br/tag/impressao-3d/page/4/>. Acesso em: 01 dez. 2022.
- Evans, F. G. and Bang, S. (1967) Differences and relationships between the physical properties and the microscopic structure of human femoral, tibia1 and fibular cortical bone. Am. J. Annt. 120.79-88.
- CAMPO, M. C. e SOUFEN, C. A. . PROPRIEDADES MECÂNICAS EM LAMINADOS FIBRAS DE VIDRO E FIBRA DE CARBONO EM RESINA EPÓXI. VI Seminário da Pós-graduação em Engenharia Mecânica.
- JIA, L.-C. et al. Octadecylamine-Grafted Graphene Oxide Helps the Dispersion of Carbon Nanotubes in Ethylene Vinyl Acetate. Polymers, v. 9, n. 12, p. 397, 27 ago. 2017.
- LIMA, R. O. C. et al. Estudo comparativo das propriedades mecânicas de polímeros usados na manufatura aditiva e plásticos de engenharia comuns usados na indústria. Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, v. 3, n. 1, p. 35–46, 15 fev. 2021.
- Mandarano-Filho LG, Bezuti MT, Mazzer N, Barbieri CH. Influência da espessura do osso cortical sobre a velocidade de propagação do ultrassom. Acta Ortop Bras. [online]. 2012;20(3): 184-90. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.
- MatWeb The Online Materials Information Resource. Cortical Bone. Disponível em: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=1e9fb6eae0cc4a52a3e9a67f14621a9a&ckck=1>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- NASCIMENTO, L. C. et al. Perfil Clínico Epidemiológico dos Acidentes Motociclísticos ocorridos em uma cidade do Norte do Brasil: Análise de 1045 Casos. JNT-Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. 2021. Agosto . Ed. 29. V. 1 Págs. 289-299. ISSN: 2526-4281 <http://revistas.faculadefacit.edu.br>. E-mail: [jnt@faculadefacit.edu.br](mailto:jnt@faculadefacit.edu.br)

RAMOS, T. S. et al. Avaliação dos acidentes com motocicletas no Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, p. e20611225614, 23 jan. 2022.

SANTOS, R. L. O. DOS et al. Perfil de motociclistas que utilizam equipamentos de proteção individual na Região Metropolitana de Recife, Brasil. Research, Society and Development, v. 10, n. 10, p. e278101018882, 10 ago. 2021.

SILVA, M. et al. PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO DE FIBRA DE CARBONO E ARAMIDA CONSIDERANDO DIFERENTES CONDIÇÕES DE FABRICAÇÃO. Revista de Engenharia e Tecnologia, V.12, N°. 1, Pags. 116-127 Abr/2020.

Rechnitzer, G. et al., “Performance Criteria, Design and Crash Tests of Effective Rear Underride Barriers for Heavy Vehicles,” in International ESV Conference, Paper 218, 2001.

TORTA; TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. H. Principles of Anatomy and Physiology. [s.l: s.n.]. 2011.

## **5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES**

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.



## STATIC NUMERICAL ANALYSIS PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT FOR BIKERS MADE WITH ADDITIVE MANUFACTURING

**Lucas Messias Cunha de Araujo**

**Manuel Nascimento Dias Barcelos Júnior**

**Rodrigo Evangelista Aguiar de Souza**

**Giovanni Assante**

Universidade de Brasília, Campus Gama – UNB/FGA, St. Leste Projeção A, Gama Leste, Brasília, DF, Brasil.

lucas.messias1998@hotmail.com; manuelbarcelos@aerospace.unb.br; rodrigo96.unb@gmail.com; gi.assante@gmail.com

**Vera Regina Marães**

Universidade de Brasília, Campus Ceilândia – UNB/FCE, Campus Universitário, Centro Metropolitano, Ceilândia Sul, Brasília, DF, Brasil.

veraregina@unb.br

**Abstract.** According to data provided by the Ministry of Health and the Federal Highway Police, more than 90% of traffic accidents in Brazil in 2020 and 2021 involved motorcyclists. These statistics, together with the lack of efficient and accessible protective equipment for drivers in this category, highlight the great vulnerability to which they are constantly subjected. With the aim of mitigating the effects of fatal accidents and accidents that can cause permanent injuries, this work will present the beginning of the study and development of a prototype of Personal Protective Equipment (PPE) for motorcyclists, where such prototype seeks not only to provide greater safety and comfort, but also facilitate access to this equipment. Because of this, its development sought to find the most efficient combination of materials and alternative production methods, making the product easily modellable for production on an industrial scale. The development of this equipment will initially be carried out by 3D CAD modeling using commercial software, where the measurements of the equipment are parameterized in order to adapt the analyzes to the various physical characteristics that are desired. After the 3D modeling, static finite element simulations are performed using the commercial software Ansys, where some combinations of materials for the equipment were considered in order to obtain an initial confirmation of its mechanical efficiency with regard to the absorption of stresses transmitted to the body and displacement of the equipment. The numerical results obtained will be later validated through comparison with the experimental results, which in turn will be later obtained by tests carried out in the laboratory considering the same boundary conditions adopted in the simulations of this work. The construction of the protective equipment will be done mainly by 3D printing, in which a sandwich structure will be produced by additive manufacturing with a central layer of polymeric material, coatings consisting of a fiber-reinforced epoxy matrix composite and an outermost layer of EVA to give to the product a more ergonomic feature in fitting with the body. With the initial phase of the successful research, obtaining satisfactory simulation results, it will be possible to make feasible the use of the sandwich structure for personal protection parts for motorcyclists.

**Keywords:** 3D printing; Biker; Finite elements; sandwich structure

### RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.