

ANÁLISE NUMÉRICA DE IMPACTO EM EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PARA MOTOCICLISTAS FEITOS COM MANUFATURA ADITIVA

Giovanni Assante
Lucas Messias Araujo
Rodrigo Souza
Manuel Barcelos Júnior

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

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 pela Polícia Rodoviária Federal, cerca de 90% dos acidentes de trânsito no Brasil em 2020 envolveram motociclistas. Estes dados, aliados com a pouca proteção oferecida comercialmente para os condutores desta categoria de veículos, mostram a grande vulnerabilidade a qual estão submetidos. Com o objetivo de mitigar acidentes fatais e acidentes que possam causar lesões permanentes, será apresentado aqui o início do desenvolvimento e estudo de protótipos de proteção individual de motociclistas. Estes protótipos por sua vez visam não apenas proporcionar maior segurança para os motociclistas como também facilitar o acesso a essas ferramentas de proteção, por isso que seu desenvolvimento busca encontrar materiais e métodos de produção alternativos que sejam baratos e com método de produção facilitada e também que possam ser modelados facilmente para sua produção. O desenvolvimento destes equipamentos de proteção, se dará inicialmente por modelagem 3D através de um Software comercial e simulação dinâmica por método computacional no Software Ansys, para uma comprovação inicial da eficácia mecânica da proteção idealizada. Com isso, será necessário determinar se os dados obtidos por método computacional terão resultados próximos à realidade, assim a validação dos dados obtidos nas simulações dinâmicas é de extrema importância para continuidade do processo. Então inicialmente serão realizadas simulações de impacto entre um material esférico e uma placa metálica, que serão comparados com dados de experimentos reais realizados com as peças e condições utilizados na simulação, desta forma pode-se refinar a malha a ser utilizada nas simulações dinâmicas e validar os dados que serão obtidos, tanto de energia cinética, tensão, deformação e etc. A construção do equipamento de proteção individual para motociclistas se dará principalmente por impressão 3D em que será produzido um núcleo de Honeycomb através de manufatura aditiva utilizando Nylon ou ABS, uma camada externa e interna laminada de fibra de vidro ou fibra de carbono, e um tipo de camada sintética interna que entrará em contato com o corpo do indivíduo, formando uma estrutura sanduíche com o intuito de melhorar as propriedades mecânicas desejadas para o protótipo. Com a fase inicial da pesquisa bem sucedida, obtendo-se resultados satisfatórios das simulações computacionais e comprovando que os métodos de fabricação demonstram ser baratos e acessíveis, será possível viabilizar a utilização da estrutura sanduíche para peças de proteção individual para motociclistas.

Palavras-chave: Honeycomb; Impressão 3D; Manufatura Aditiva; Simulação Computacional; Estruturas Sanduíche

1. INTRODUÇÃO

A utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) é de grande importância para prevenir consequências graves provenientes de acidentes de transporte. Segundo a Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (ABRAMET), o uso correto do cinto de segurança por condutores pode evitar 100% das lesões do quadril, 60% das lesões de coluna e 56% das lesões de cabeça (ABRAMET, 2021). Por isso, em veículos que deixam o usuário muito exposto, como as motocicletas, a utilização de EPIs pode ser fundamental para salvar vidas.

Para abordar essa problemática, é essencial realizar uma análise dos tipos de equipamentos de proteção a serem desenvolvidos, com foco em membros inferiores, superiores e tórax, que são áreas que atualmente não possuem obrigatoriedade no uso de proteção. Segundo Simoneti et al. (2016), a grande maioria das lesões provenientes de acidentes envolvendo a utilização de motocicletas ocorre nessas áreas. Portanto, é importante desenvolver equipamentos de proteção adequados para essas regiões, visando prevenir ou minimizar a gravidade das lesões decorrentes de acidentes.

O objetivo do projeto é desenvolver um dispositivo de segurança individual de baixo custo e ótimo comportamento mecânico utilizando a manufatura aditiva. Segundo Volpato e Carvalho (2017), a manufatura aditiva é amplamente utilizada na indústria aeronáutica e automotiva por permitir a fabricação de qualquer tipo de geometria sem desperdício de material, além de possibilitar o uso de diversos materiais diferentes e reduzir as etapas necessárias para a construção final da peça. Para atingir esse objetivo, será realizada a impressão 3D de um núcleo Honeycomb, seguida de uma laminação com fibra de carbono ou fibra de vidro, formando uma estrutura sanduíche capaz de melhorar as propriedades mecânicas da peça e reduzir seu peso.

O objetivo principal deste estudo consiste em analisar e comprovar a eficiência dos equipamentos de proteção individual para motociclistas por meio de simulações de impacto utilizando o método de elementos finitos em um software de simulação. De acordo com Böhm et al. (2017), a utilização desse método permite obter resultados precisos e confiáveis, sem a necessidade de construir protótipos para testes experimentais. O processo de simulação inclui o refinamento e tratamento da malha a ser utilizada, seguido da análise de diferentes materiais para determinar qual apresenta melhor comportamento mecânico. Com esta metodologia, é possível realizar adaptações no projeto com menor custo e maior eficiência, visando desenvolver dispositivos de proteção de membros inferiores, superiores e tórax que possam ser eficazes na prevenção de lesões, de acordo com a necessidade indicada por Simoneti et al. (2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise numérica será realizada com o auxílio do software Ansys Workbench Explicit Dynamics, para a simulação, e do Ansys Workbench DesignModeler, para a modelagem 3D das estruturas utilizadas. Para garantir uma baixa margem de erro, é necessário um tratamento e refinamento preliminar da malha a ser utilizada no software de simulação dinâmica. A seguir, o projeto seguirá para a simulação numérica do impacto de diferentes corpos no equipamento de proteção individual para motociclistas. Com base nos dados obtidos, será realizada uma análise da quantidade de energia absorvida pelo dispositivo de segurança e sua real eficácia em proteger e mitigar maiores danos a usuários em um acidente

2.1 Equações

O objetivo principal deste estudo é investigar de maneira confiável a capacidade do equipamento de proteção individual para motociclistas de absorver a energia de impacto e distribuí-la para o usuário, levando em consideração a mudança na área de contato. Isso permitirá avaliar a eficácia do dispositivo em mitigar danos aos membros superiores, inferiores e tórax. Para alcançar o objetivo proposto, é fundamental a compreensão das equações para o cálculo da energia cinética do corpo em movimento, a massa do corpo e a força de contato durante o impacto, como foi abordado no livro "Mecânica Vetorial para Engenheiros: Cinemática e Dinâmica" (BEER et al., 2010). As equações fundamentais para este estudo são:

$$E_c = m \cdot \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{X \cdot 2} \quad (2)$$

$$m = V \cdot d \quad (3)$$

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Em que E_c é a Energia Cinética do corpo, F_c é a Força de Contato, m é a massa do corpo, v é a velocidade do corpo, X é a deformação total do corpo, d é a densidade do material, P é a pressão total, F é a força aplicada, A é a Área de contato. As equações serão utilizadas para análise numérica da energia cinética do corpo em movimento e força de contato durante o impacto.

2.2. Refinamento e Validação de Malha

A fim de obter o melhor perfil de malha para as simulações, é necessário ponderar entre as diversas estruturas e densidades de malha, buscando minimizar o erro associado e o tempo de processamento do software. Para atender a esse objetivo, foi selecionada a metodologia de reprodução numérica de um experimento de laboratório, no qual uma esfera maciça de aço 1006 com diâmetro de 20 mm colide com uma placa de alumínio com diâmetro de 250 mm e espessura de 1,6 mm, a fim de avaliar a falha da placa em diferentes velocidades de impacto (80 m/s a 140 m/s). Essa abordagem permitirá comparar os resultados numéricos com os resultados experimentais, determinando o perfil de

malha que apresenta os dados mais próximos da realidade e que utiliza o menor tempo de processamento da CPU possível. Os dados experimentais foram obtidos por Do Carmo (2006) e estão apresentados na Figura 1..

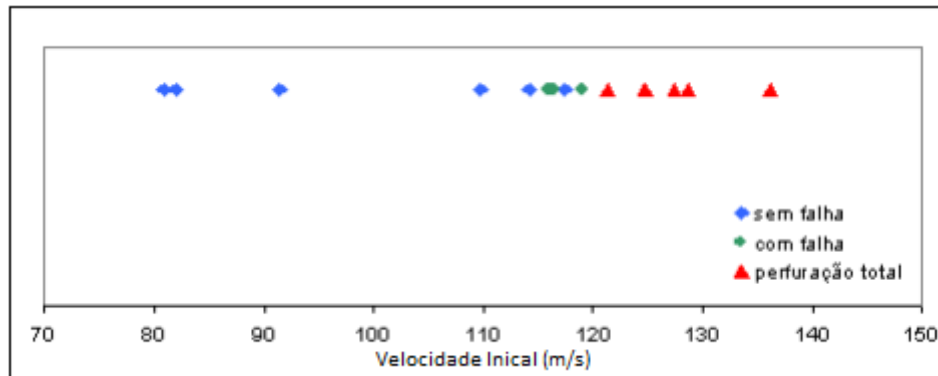


Figura 1. Dados de falha estrutural da placa de alumínio em diferentes velocidades de impacto (DO CARMO, 2011)

Com os dados experimentais obtidos, é iniciado o processo de modelagem e projeto do perfil de malha. Então inicialmente a malha é dividida em três regiões, uma mais externa, uma intermediária e uma interna, para que assim fosse possível ajustar a densidade de malha e o perfil nas três regiões de maneira independente, visando sempre facilitar algum tipo de modificação quando necessária e melhorar o desempenho de processamento da CPU ao ter elementos de malha maiores em regiões que não ocorrerá diretamente o impacto.

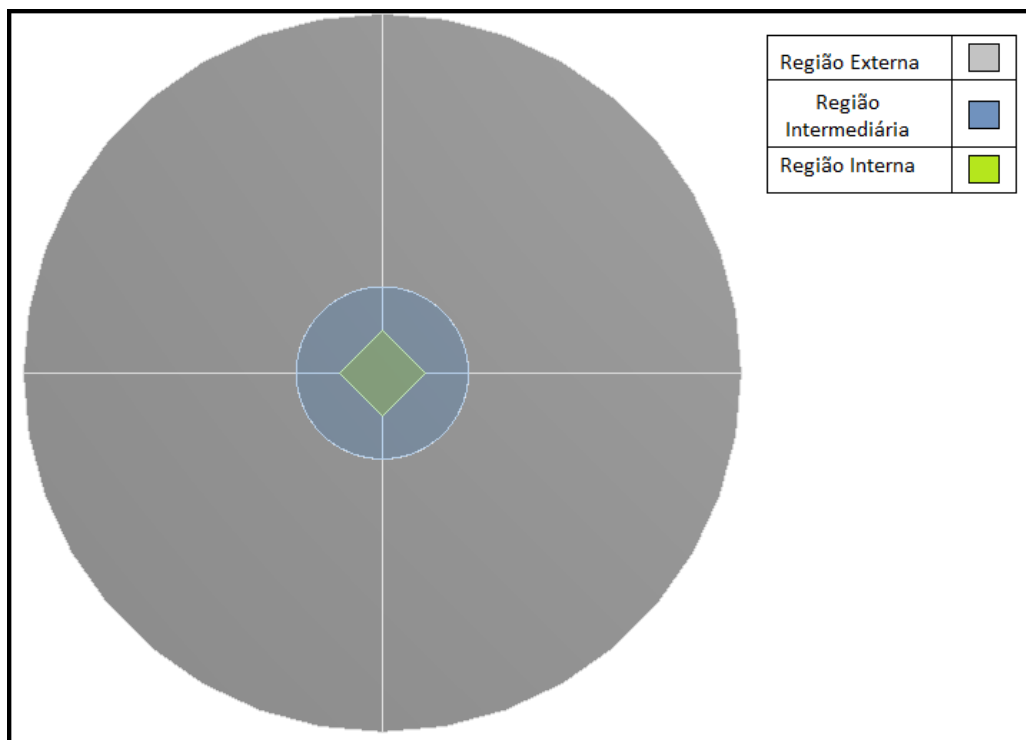


Figura 2. Regiões de refinamento de malha de placa de alumínio.

Esta configuração foi idealizada com o objetivo de adquirir uma malha uniforme a fim de diminuir a margem de erro dos resultados numéricos obtidos. Desta forma, com os parâmetros escolhidos e a geometria definida, foram realizadas diversas simulações com diferentes densidades de malha nas 3 regiões, sempre visando uma malha mais densa na região interna onde ocorre o impacto da esfera de aço.

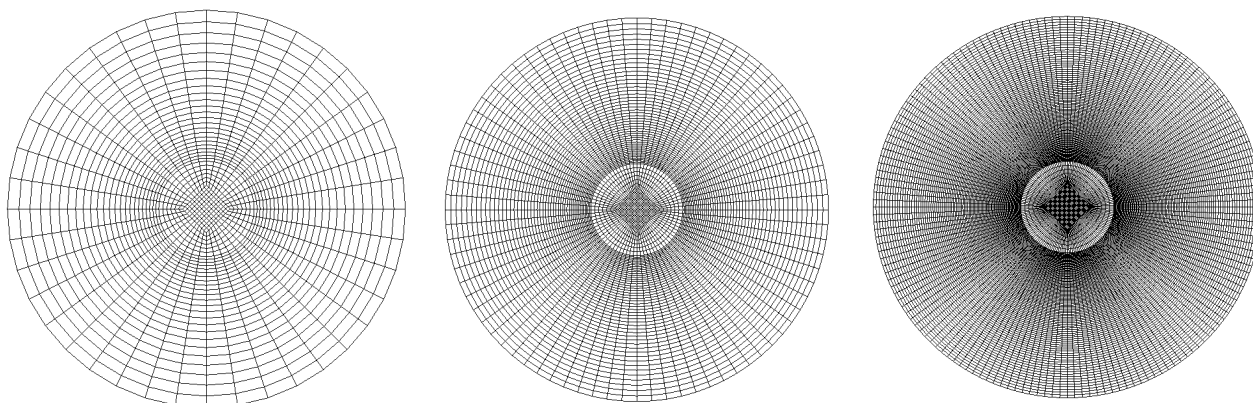


Figura 3. Diferentes densidades de malha utilizadas para refinamento.

1º Configuração de Malha		2º Configuração de Malha		3º Configuração de Malha	
	Densidade (elementos/mm ²)		Densidade (elementos/mm ²)		Densidade (elementos/mm ²)
Região Interna	0,444	Região Interna	1,777	Região Interna	7,111
Região Intermediária	0,044	Região Intermediária	0,088	Região Intermediária	0,589
Região Externa	0,010	Região Externa	0,041	Região Externa	0,166

Tabela 1. Densidade de malha em cada configuração.

Sem falha	Com falha	Perfuração Total	Velocidades de Impacto da esfera de aço									
			90	98	100	103	105	110	114	116	118	120
Configuração de Malha Utilizada	1º Configuração											
	2º Configuração											
	3º Configuração											

Tabela 2. Análise de impacto na placa de alumínio com diferentes velocidades e diferentes densidades de malha.

O tempo de processamento médio do Software para realização da simulação com cada configuração de malha foi de 65 segundos para a 1ª configuração de malha, 420 segundos para a 2ª configuração de malha e 2100 segundos para a 3ª configuração de malha.

Com esses dados apresentados, é possível determinar o perfil a ser utilizado. Pode-se observar que os resultados obtidos convergem para valores próximos aos observados no experimento, com as velocidades de impacto com perfuração total e de impacto sem falha aparente no método numérico sempre menores, o que é positivo por deixar uma margem de segurança ao prever os comportamentos mecânicos de estruturas analisadas. Deste modo, ao ponderar entre os resultados apresentados e o tempo de processamento, pode-se concluir que a melhor escolha seria utilizar a segunda malha, que possui uma Densidade aproximada de 1,777 elementos/mm² na sua região mais interna, que por sua vez possui os valores mais próximos aos experimentais e também um tempo de processamento muito menor que a malha mais densa.

2.3. Definição dos parâmetros para simulação do equipamento de proteção individual para motociclistas

Antes de ser realizada a análise numérica do dispositivo, precisam ser definidos parâmetros como, quais os tipos de materiais a serem testados, qual tipo de geometria será utilizada para realizar o teste de impacto no dispositivo de segurança, qual a velocidade de impacto a ser utilizada na simulação numérica, se é possível configurar uma estrutura sanduíche de forma simplificada para a simulação ou se será utilizado uma estrutura inteiriça.

Iniciando pela análise de materiais, os principais materiais utilizados em impressão 3D são ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), Nylon e PLA (poli ácido láctico).

	NYLON	ABS	PLA
Tensão de Escoamento (MPa)	45	38	66
Módulo de Elasticidade (MPa)	1400	2350	4350
Impacto IZOD (J/m ²)	7000	294	40
Densidade (g/cm ³)	1,02	1,04	1,24

Tabela 3. Principais propriedades mecânicas dos materiais para manufatura aditiva (3D LAB, 2022).

A Tabela 3 demonstra as diferentes propriedades mecânicas dos materiais, e considerando o intuito desta pesquisa, a utilização do Nylon para simulação parece mais promissora principalmente pelo fato da alta capacidade de absorção de energia de impacto apresentada pelo Nylon no ensaio de impacto IZOD.

Para a escolha das geometrias utilizadas na simulação, o ideal seria considerar ocorrências costumeiras de acidentes de motos, como quedas dos condutores com impactos em objetos maiores e também o impacto de pequenos detritos contra os membros dos condutores. Partindo deste princípio, a geometria escolhida será inicialmente a de uma caneleira projetada especialmente para esta pesquisa na qual provê proteção em toda superfície posterior da canela e joelho, já o objeto escolhido para a colisão com a proteção será uma esfera maciça com raio de 15 mm. Portanto, o fenômeno de impacto modelado servirá como orientação para as simulações posteriores deste trabalho e outras semelhantes, utilizando objetos maiores ou condições diferentes para simular quedas e colisões com grandes obstáculos. As geometrias selecionadas, podem ser observadas na Figura 4.

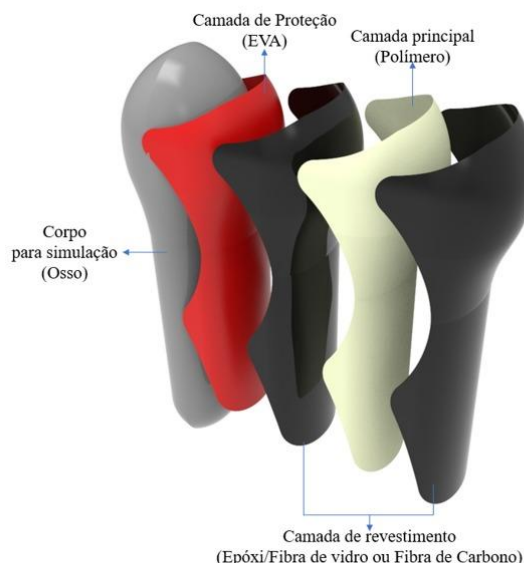


Figura 4. Geometria selecionada para simulação computacional (Caneleira).

A escolha da velocidade de impacto terá como base as normas de trânsito brasileiras, nas quais parte das ruas e avenidas em áreas urbanas permitem velocidades máximas de 60 km/h. Portanto, este estudo utilizará o valor de 64,8 km/h ou 18 m/s como base para facilitar uma comparação analítica com os dados obtidos numericamente.

Por último, foi avaliada a possibilidade de modelar o dispositivo com estrutura sanduíche e núcleo de Honeycomb produzido com manufatura aditiva. Isso traria uma análise da possibilidade do material ser isotrópico ou não, dependendo do tipo de material selecionado ou do método de impressão da impressora 3D. No entanto, devido às limitações de modelagem do software utilizado e das limitações de processamento da máquina, bem como com o foco deste artigo de demonstrar o desenvolvimento inicial de análises numéricas para otimizar e reduzir os custos de projeto desses dispositivos, optou-se por utilizar uma estrutura inteiriça de Nylon isotrópica para representar o dispositivo de segurança, simplificando os dados obtidos.

Contudo, pode-se fazer algumas considerações para a isotropia do material. De acordo com Pagotto (2018), o Nylon possui uma temperatura de transição vítrea (Tg) geralmente entre 40-60 °C, diferente do PLA que possui Tg entre 60-65 °C. Essa diferença pode aumentar o tempo que o material leva para uma mudança de estado após a deposição, afetando

a isotropia da peça. Dessa forma, ao utilizar o Nylon durante a impressão e fazendo alguns ajustes na impressora, como a velocidade de deposição, temperatura do bico injetor, camadas mais finas e ambiente climatizado, pode-se fabricar peças com uma característica mais próxima a um material isotrópico. Com isso, segundo Kariz et al. (2019), os dados obtidos experimentalmente para uma validação futura não apresentariam grandes diferenças dos resultados numéricos mostrados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo todas as condições definidas para a realização da simulação numérica, é possível iniciar o procedimento computacional, em que será descrito todo o procedimento nesta seção, como a aplicação da malha refinada no equipamento de proteção individual para motociclista, aplicação das geometrias de impacto, parâmetros e análise dos resultados obtidos. O estudo de caso central nesta pesquisa utilizará apenas a caneleira como foco, mas o padrão de análise será o mesmo para todas as peças desenvolvidas, tanto para membros, quanto para tórax.

3.1. Preparação e configuração do sistema de análise

Devido a forma irregular do dispositivo de proteção individual que seria a caneleira neste estudo de caso, é necessário um ajuste na malha refinada para um melhor encaixe em seu formato, além disso é necessário criar um tipo de geometria para simular o apoio que a perna dará para a caneleira para que seja possível analisar a deformação da peça da maneira mais próxima a realidade, paralelamente deve ser acrescentada a geometria de impacto que seria um tipo de esfera maciça, e posteriormente a descrição dos parâmetros na árvore de simulação do Explicit Dynamics. Após essas configurações apropriadamente definidas, destaca-se os tipos de resultados a serem descritos e mostrados ao final do processamento.

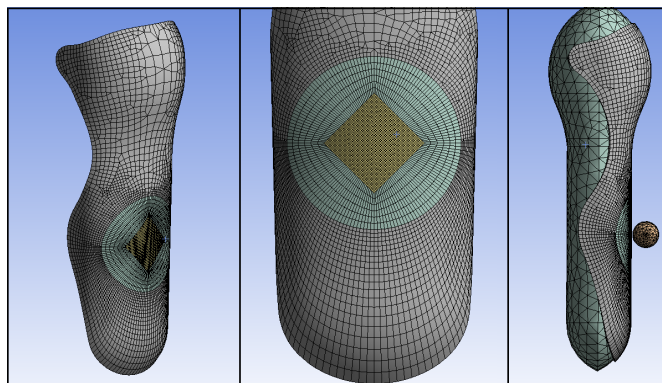


Figura 4. Malha refinada aplicada ao equipamento de proteção individual para motociclistas.

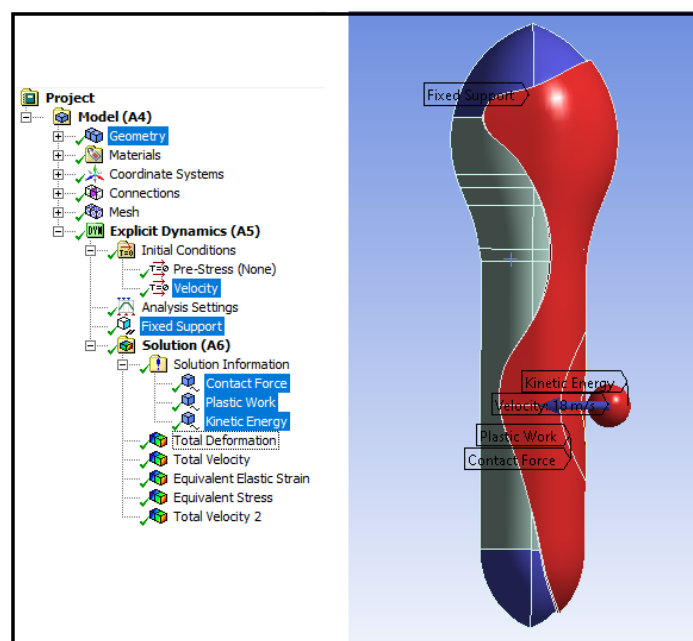


Figura 5. Malha refinada aplicada ao equipamento de proteção individual para motociclistas.

Com a Figura 5 pode-se observar a principal parametrização definida, como velocidade do corpo que é de 18 m/s ou 64,8 Km/h, o material selecionado para cada peça que seria o de Nylon para o dispositivo de proteção, e as soluções que serão apresentadas após a simulação numérica. O suporte fixo das peças, se dá na geometria criada para reproduzir a perna do usuário, simulando um apoio natural do corpo.

3.2. Resultados obtidos numericamente

Primeiramente este sistema foi montado apenas considerando a energia cinética, sem dissipação com atrito, calor ou outros meios, também não há energia potencial gravitacional associada, para facilitar o processamento. Os resultados mais importantes para a análise da eficiência do dispositivo são a energia cinética inicial do sistema, a energia absorvida pelo dispositivo no regime plástico e elástico, a força de contato e a deformação total do equipamento de proteção individual para motociclistas.

Energia Cinética Inicial do Sistema	17,33 J
Trabalho no Regime Plástico	11,004 J
Força de Contato	1455,2 N
Deformação Total no Plano Horizontal	~ 4 mm

Tabela 4. Principais resultados da simulação numérica

Observa-se que analiticamente a energia cinética da esfera é aproximadamente 18,07 J, deste modo pode-se observar preliminarmente a validade dos dados obtidos pelo método numérico.

3.3. Análise dos Resultados

Ao considerar uma energia cinética inicial de 17,33 J e também o trabalho no regime plástico de 11,004 J, é possível averiguar que o dispositivo de segurança consegue absorver pelo menos 65% da energia de impacto do projétil, isso considerando-o como uma peça inteiriça de Nylon, sendo que o projeto original prevê o dispositivo sendo um compósito com núcleo de honeycomb impresso em Nylon e laminação em fibra de carbono ou fibra de vidro, que aumentaria ainda mais sua resistência mecânica, já que segundo Mohammad (2010) materiais compósitos podem absorver mais energia de deformação que aço, com uma diminuição do peso de até 62%.

Agora para considerar possíveis lesões ao usuário do equipamento de proteção, deve-se primeiramente determinar o que possivelmente acarretaria essas lesões, considerando a força aplicada e área de contato. Segundo dados apresentados por Baptista (2019) é necessária uma força de aproximadamente 5 N em uma área do tamanho da ponta de uma faca afiada para perfurar a pele humana, ele também faz referência de que a pele humana é o órgão de maior resistência mecânica no corpo humano. Considerando esses dados, calcula-se que é necessário uma força de pelo menos 15000 Quilonewtons por metro quadrado para lesionar e/ou perfurar a pele. Com isso, considerando esses dados e a área de contato da caneleira com a perna de 0,06 metros quadrados, seria necessário forças acima dos 100 mil Newtons para gerar qualquer tipo de lesão, porém isto desconsiderando que a peça falhe ou rompa. Com isso, observando os dados da simulação, em que a força de contato no impacto é de aproximadamente 1455 N, e graças a distribuição desta força para uma área maior em contato com a perna do usuário, providenciado pelo dispositivo de segurança, averigua-se, que não haverá lesões no usuário.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a análise de impacto em peças de proteção individual para motociclistas feitas com manufatura aditiva, visa guiar o projeto para o desenvolvimento de um protótipo eficiente, sendo capaz de suportar impactos de detritos e colisão com obstáculos em velocidades pré-estabelecidas, sem o colapso da estrutura, e também a capacidade de absorver grande parte da energia cinética.

Feitas essas considerações obtém-se alguns pontos importantes da análise:

- A utilização da manufatura aditiva, permite grande flexibilidade na produção, tanto por permitir a fabricação de diferentes peças e tamanhos, como por permitir uma grande variedade de materiais para sua construção, isso engloba um dos objetivos que era tornar fácil e acessível a utilização desses novos dispositivos de proteção individual para motociclistas.
- A análise mecânica teve ótimos resultados de absorção de energia por parte da peça, uma boa redistribuição da força de contato, e uma alta resistência mecânica, considerando que era uma simulação de uma peça inteiriça de Nylon, e que o protótipo real prevê uma peça formada por um núcleo de Honeycomb laminada

externamente com fibra de carbono ou fibra de vidro, o que irá melhorar ainda mais as suas propriedades de absorção de energia, e resistência mecânica.

Com isso apresentado, este trabalho tem o intuito de levar esse tema a uma pesquisa mais aprofundada futuramente e possivelmente trazendo uma análise numérica de um dispositivo de segurança compósito, também trazer um comparativo com um possível protótipo real construído a fim de validar as informações obtidas no método numérico.

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

DE CAMARGO, Ítalo Leite. DLP ADDITIVE MANUFACTURING OF CERAMICS: PHOTSENSITIVE PARAMETERS, THERMAL ANALYSIS, POST-PROCESSING, AND PARTS CHARACTERIZATION. 11th Brazilian Congress on Manufacturing Engineering, [s. l.], 2021.

DOS SANTOS, Renan Luiz Oliveira. Perfil de motociclistas que utilizam equipamentos de proteção individual na Região Metropolitana de Recife, Brasil. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, [S. l.], p. 1-7, 10 ago. 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18882>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18882/16825>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SIMONETI, Fernanda Soares *et al.* Padrão de vítimas e lesões no trauma com motocicletas. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba, [S. l.], p. 36-40, 19 nov. 2015. DOI 10.5327/Z1984-4840201624711. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/RFCMS/article/view/24711/pdf>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Biblioteca Virtual em Saúde. Metade dos brasileiros não usa cinto de segurança no banco de trás. In: Metade dos brasileiros não usa cinto de segurança no banco de trás. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/metade-dos-brasileiros-nao-usa-cinto-de-seguranca-no-banco-de-tras/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

OLIVEIRA, Emerson Luis De *et al.* ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA NOS PROTOTIPOS FABRICADOS ATRAVÉS DO PROCESSO FDM. XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, [s. l.], 19 out. 2018. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_262_507_35800.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

DO CARMO, Fernanda Custódio Pereira. SIMULAÇÃO NUMERICA DO IMPACTO DE UMA ESFERA DE AÇO EM PLACA FINA DE ALUMÍNIO. Orientador: Larissa Driemeier. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2006. Disponível em: http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2006/Trabalhos%20finais/TCC_053_2006.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022.

ARAÚJO, Edcleide M. *et al.* Compatibilização de blendas de poliamida 6/ABS usando os copolímeros acrílicos reativos MMA-GMA e MMA-MA. Parte 1: Comportamento reológico e propriedades mecânicas das blendas. SciELO - Scientific Electronic Library Online, [s. l.], 8 dez. 2003. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-14282003000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/STFxwyhDQj66b8fNtR8JrNq/?lang=pt>. Acesso em: 8 nov. 2022.

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: 10 nov. 2022.

ABRATE, Serge. Impact on Composite Structures. Southern Illinois University: [s. n.], 1998.

MOHAMMAD, Viqar Hasan. EVALUATION OF NEW STEEL AND COMPOSITE BEAM DESIGNS FOR SIDE IMPACT PROTECTION OF A SEDAN AS PER FMVSS 214, IIHS AND SIDE POLE TESTS REQUIREMENTS. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Department of Mechanical Engineering and the faculty of the Graduate School of Wichita State University, [S. l.], 2017. Disponível em: https://soar.wichita.edu/bitstream/handle/10057/14479/t17019_Mohammad.pdf?sequence=391&isAllowed=y. Acesso em: 10 nov. 2022.

- BAPTISTA, João Manuel de Aguiar. Lesões traumáticas por agentes externos mecânicos: artigo de revisão. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) - Faculdade de Medicina Lisboa, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/43170/1/JoaoABaptista.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- BÖHM, Markus; SCHOLZ, Robert W.; CUGNASCA, Paulo S.; FÖRSTER, Michael. A framework for the creation of diversity in design teams. *International Journal of Engineering Education*, v. 33, n. 5A, p. 1479-1490, 2017.
- PAGOTTO, F. S. Análise da influência do fator de cura na resistência à tração de impressões 3D em ABS e Nylon. 2018. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.
- KARIZ, M. et al. A review of the Additive Manufacturing techniques addressing the mechanical behavior of 3D-printed parts. *Journal of Materials Science & Technology*, v. 35, n. 3, p. 327-355, 2019.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

NUMERICAL ANALYSIS OF IMPACT ON INDIVIDUAL PROTECTION EQUIPMENT FOR MOTORCYCLISTS MADE WITH ADDITIVE MANUFACTURING

Giovanni Assante

Lucas Messias Araujo

Rodrigo Souza

Manuel Barcelos Júnior

University of Brasilia, Campus Gama - UNB/FGA, St. Leste Projeção A, Gama Leste, Brasília, DF, Brazil.

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

Vera Regina Marães

University of Brasilia, Campus Ceilândia - UNB/FCE, Campus Universitário, Centro Metropolitano, Ceilândia Sul, Brasília, DF, Brazil.

veraregina@unb.br.

Abstract. According to data provided by the Federal Highway Police, about 90% of traffic accidents in Brazil in 2020 involved motorcyclists. These data, together with the little protection offered commercially for drivers of this category of vehicles, show the great vulnerability they are subjected to. With the objective of mitigating fatal accidents and accidents that can cause permanent injuries, we are developing and studying prototypes of personal protection for motorcyclists. These prototypes, in turn, aim not only to provide greater safety for motorcyclists but also to facilitate access to these protection tools, this is why their development seeks to find alternative materials that are easily accessible and inexpensive, which can be easily modeled for their production. . The development of these protection equipment will be initially done by 3D modeling through a commercial software and dynamic simulation by computational method in Ansys Software, for an initial proof of the mechanical effectiveness of the idealized protection. Thus, it is necessary to determine whether the data obtained by the computational method will have results close to reality, so the validation of the data obtained in the dynamic simulations is extremely important for the continuity of the process. So, initially, impact simulations will be carried out between a spherical material and a metal plate, which will be compared with data from real experiments carried out with the parts and conditions used in the simulation, in this way we will be able to refine the mesh to be used in the dynamic simulations and validate the data. that will be obtained, both from kinetic energy, stress and strain. The construction of the personal protective equipment for motorcyclists will be mainly by 3D printing in which a Honeycomb core will be produced through additive manufacturing using Nylon or ABS, an outer and inner laminated layer of fiberglass or carbon fiber, and a type of an internal synthetic layer that will come into contact with the individual's body, forming a sandwich structure in order to improve the mechanical properties desired for the prototype. With the initial phase of the successful research, obtaining satisfactory results from the computer simulations and proving that the manufacturing methods prove to be cheap and accessible, we will be able to enable the use of the sandwich structure for individual protections for motorcyclists.

Keywords: Honeycomb; 3D Printing; Additive Manufacturing; Computer Simulation; Sandwich Structure.

RESPONSIBILITY NOTICE

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