

CLAUDIANE AYRES  
(ORGANIZADORA)

---

*Collection:*

# APPLIED BIOMEDICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

CLAUDIANE AYRES  
(ORGANIZADORA)

---

*Collection:*

# APPLIED BIOMEDICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Bruno Oliveira  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Claudiane Ayres

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C697 Collection: applied biomedical engineering / Organizadora  
Claudiane Ayres. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-989-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.896220604>

1. Biomedical engineering. I. Ayres, Claudiane  
(Organizadora). II. Título.

CDD 610.28

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Considerada uma área de atuação do campo da saúde em grande expansão, capaz de atuar em várias modalidades (seja na avaliação, diagnóstico, prevenção ou tratamento de doenças, entre outras), visando sempre contribuir para melhora da qualidade de vida e saúde da população em geral, a área da **Engenharia Biomédica** vem se fundamentando cada vez mais como uma carreira profissional de grande valorização e importância para a sociedade, contribuindo nos avanços tecnológicos e melhorias na saúde de forma geral. Estimulados a compartilhar informações sobre as mais variadas formas de atuação dessa área com todos os interessados, a editora Atena lança o e-book “Collection: Applied biomedical engineering” (Coleção: Engenharia biomédica aplicada), que traz 4 artigos capazes de demonstrar parte da atuação inter e multidisciplinar que envolve a área da engenharia biomédica, e dessa forma, evidenciar algumas das contribuições dessa ciência que desenvolve abordagens inovadoras, capazes de intervir nas diferentes vertentes que envolvem a saúde e valorização da vida.

Convido- te a conhecer as diversas possibilidades que envolvem essa área tão inovadora e abrangente.

Aproveite a leitura!

Claudiane Ayres

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ASPECTOS GERAIS SOBRE A TÉCNICA CRISPR/CAS9 - UTILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE PATOLOGIAS**

Brenno Willians Hertel de Sousa  
Lustarllone Bento de Oliveira  
Pedro Henrique Veloso Chaves  
Felipe Monteiro Lima  
Grasiely Santos Silva  
Ikaro Alves de Andrade  
José Vanderli da Silva  
Nara Rubia Souza  
Bruno Henrique Dias Gomes  
Joselita Brandão de Sant'Anna  
Marcela Gomes Rola  
Krain Santos de Melo  
Raphael da Silva Affonso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8962206041>

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **EFEITOS DO CORTISOL E SEU USO COMO BIOMARCADOR DE ESTRESSE EM ATLETAS**

Conceição de Maria Aguiar Carvalho  
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão  
Janyerson Dannys Pereira da Silva  
Luana Mota Martins  
Samuel Guerra Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8962206042>

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **MODELAGEM E ANÁLISE DE TENSÕES DE UMA PRÓTESE PARA MEMBROS INFERIORES DO TIPO *FLEX***

Elias Dagostini  
Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8962206043>

### **CAPÍTULO 4..... 37**

#### **MONITORAÇÃO NÃO INVASIVA DA PRESSÃO INTRACRANIANA EM DOENÇAS CARDIOVASCULARES**

Claudiane Ayres  
José Carlos Rebuglio Velloso  
Gustavo Henrique Frigieri Vilela  
Danielle Cristyne Kalva Borato  
Cristiane Rickli Barbosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8962206044>

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>46</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>47</b>

## MODELAGEM E ANÁLISE DE TENSÕES DE UMA PRÓTESE PARA MEMBROS INFERIORES DO TIPO *FLEX*

Data de aceite: 01/04/2022

Elias Dagostini

Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues

**RESUMO:** A falta de atividades físicas regulares está diretamente ligada à saúde emocional e física do ser humano. Além disso, amputações de membros inferiores implicam em sérias dificuldades de mobilidade, consequentemente na redução da prática de atividades físicas. Este trabalho analisa as tensões em uma prótese inferior do tipo *flex*, que é a mais indicada para a prática de atividades físicas por amputados. Foi realizada a modelagem com três variações de ângulos internos, selecionados três materiais para constituírem a lâmina da prótese e ainda, encontradas condições de contorno que simulam o uso real da prótese. As análises foram realizadas por meio do método dos elementos finitos. Os resultados de tensões equivalentes de cada cenário foram comparados entre si, tornando possível a conclusão de que próteses com ângulos menores, com os parâmetros testados, sofrem solicitações maiores; ainda, que a modelagem proposta permite o emprego de dois dos materiais selecionados na fabricação da prótese, um terceiro material selecionado apresentou falhas devido à sua baixa resistência ao escoamento sob compressão. **PALAVRAS-CHAVE:** Biomecânica. Método dos Elementos Finitos. Compósitos. Reabilitação de amputados.

**ABSTRACT:** The lack of regular physical activities is directly related to human emotional and physical health. In addition, lower limb amputations imply in serious mobility difficulties, consequently in a reduction on the practice of physical activities. This work analyzes the tensions in an inferior flex-type prosthesis, which is the most suitable for the practice of physical activities by amputees. The modeling was carried out with three variations of internal angles, three materials were selected to constitute the prosthesis blade and also found contour conditions that simulate the real use of the prosthesis. The analyzes were realized through the finite element method. The results of equivalent stress in each scenario were compared to each other, making it possible to conclude that prostheses with smaller angles, with the parameters tested, are subject to greater demands; also, that the proposed model allows the use of two of the selected materials in the manufacture of the prosthesis, a third selected material presented failures due to their low compressive yield strength.

**KEYWORDS:** Biomechanics. Finite Element Method. Composites. Rehabilitation of amputees.

### INTRODUÇÃO

Estudos apontam que a prática regular de exercício físico está diretamente relacionada à saúde humana, podendo promover benefícios à saúde emocional e física. Por outro lado, a inatividade física gera riscos à saúde, uma vez que é responsável pelo mesmo número de

doenças quanto o tabagismo (PENEDO; DAHN, 2005). Ademais, a prática de exercícios físicos previne o início da depressão e contribui para o seu tratamento, melhora o humor e diminui o stress. Pessoas com quadro de depressão que, juntamente ao tratamento psicológico, têm uma rotina de exercício físico, acabam tendo uma melhor recuperação quando comparadas àquelas que passam apenas pelo tratamento psicológico regular (PENEDO; DAHN, 2005).

No ano de 2008, a inatividade física foi responsável por 3,5 milhões de mortes no mundo. Ao encontro disso, com a redução de 25% da inatividade física, a expectativa de vida da população mundial aumentaria em 0,68 anos (LEE et al., 2012). Uma das doenças que têm sua incidência aumentada pela falta de atividades físicas, a diabetes Mellitus, é o principal motivo de amputações de membros inferiores, sendo responsável por 80% delas. Amputação é um recurso médico que consiste na remoção de um membro, saliência ou apêndice, na tentativa de melhorar as condições vitais de um paciente (PEIXOTO et al., 2018; SILVA et al., 2011). Amputações de membros inferiores podem causar sérias dificuldades de locomoção e, conseqüentemente, impedir ou reduzir significativamente a prática de exercícios físicos. Considerando os riscos causados pela inatividade física, se faz necessária a redução dessas dificuldades, a fim de possibilitar a prática de esportes e melhorar a saúde dos amputados (KE et al., 2017).

Uma solução interessante para a inclusão de amputados de membros inferiores à prática de atividades físicas são as próteses inferiores do tipo *flex*. Esse tipo de prótese é projetada para simular o comportamento de uma perna biológica durante uma corrida ou caminhada e sua forma construtiva permite a prática do exercícios com uma absorção de energia otimizada, gerando menos desgaste ao indivíduo (BRAGARU, DEKKER E GEERTZEN, 2012). Próteses do tipo *flex* são largamente utilizadas por atletas paraolímpicos nas modalidades de atletismo, porém são poucas as pesquisas que relacionam a geometria da prótese com as tensões geradas (KE et al., 2017; VOLPATO, 2018).

## OBJETIVO PRINCIPAL

Analisar, pelo método de elementos finitos, as tensões em próteses do tipo *flex* considerando a geometria e o material.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor variações às geometrias e materiais já utilizados em trabalhos anteriores;
- Modelar tridimensionalmente a prótese em *software* de CAD 3D;
- Determinar os esforços presentes na prótese;
- Determinar as tensões através do método dos elementos finitos;

- Verificar, quanto às tensões, a utilização de diferentes materiais na lâmina da prótese;
- Verificar, quanto às tensões, a influência de diferentes ângulos na geometria da lâmina.

## DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho se deu na sequência das etapas apresentadas na Figura 1. Primeiramente, foi realizada a seleção de três compósitos para constituírem a lâmina da prótese tipo *flex* e serem comparados entre si. Posteriormente, foi realizada uma análise no trabalho de KE *et al.*, 2017 e definidos três ângulos, A, B e C, conforme a Figura 2.



Figura 1. Fluxograma das etapas.

Fonte: Autoria própria.

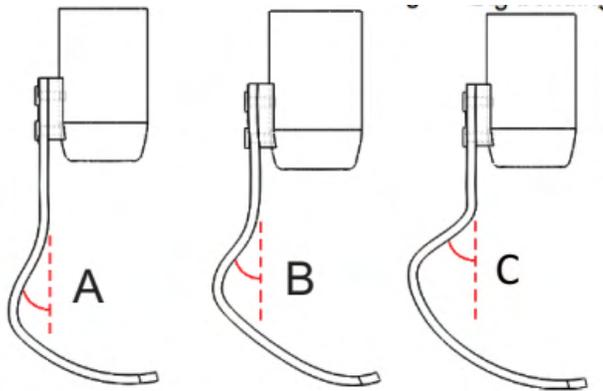


Figura 2. Geometria da prótese adotada.

Fonte: Adaptado de KE et al., 2017.

A modelagem se deu por meio de um *software* de *Computer Aided Design* (CAD). A definição de malha e a simulação por elementos finitos foram realizadas no *software* comercial Ansys 2021 R1, utilizando de sua versão estudantil. Foram selecionados três materiais compósitos para fazer parte da análise. Os materiais foram selecionados do site *matweb.com*, que reúne mais de 150 mil fichas de dados de materiais comerciais, sendo eles metais, polímeros, cerâmicos e compósitos (MATWEB, 2021a). Os critérios de pesquisa no site foram: possuir limite de escoamento cadastrado, já que em alguns casos essa informação não é informada; ser um compósito e possuir um módulo de elasticidade superior à 20GPa, para assim manter uma proximidade ao trabalho de KE *et al.* Assim, os materiais comerciais selecionados foram:

- Hexcel® HexPly® M42 52%/G1177 Glass/Carbon Fiber, que consiste em um compósito com 52% em massa de um tecido híbrido de fibra de carbono e fibra de vidro como reforço. Para facilitar a fluidez do texto, este material será denominado “Material 1” (MATWEB, 2021b).
- Hexcel® HexPly® M42 50%/G939 HS Carbon (material 2), um compósito com matriz constituída da mesma resina epóxi do material 1, porém, com 50% em massa de reforço composto por uma fibra de carbono de alta resistência (MATWEB, 2021c).
- Hexcel® HexPly® F155 Epoxy Resin, K285 Kevlar Fabric (material 3). O material 3 consiste em um compósito com matriz de epóxi e reforço de fibra de aramida, com 46% em massa (MATWEB, 2021d).

Todos os materiais serão considerados isotrópicos e em regime linear elástico (KE *et al.*, 2017). As propriedades se encontram na Tabela 1.

<b>Material</b>	<b>Módulo de Young (GPa)</b>	<b>Poisson</b>	<b>Limite de escoamento sob compressão (MPa)</b>
Material 1	37	-	590
Material 2	62,8	-	730
Material 3	30,3	-	261
Material 0-1	58,5	0,30	-
Material 0-2	1,6	0,39	-
Material 0-3	210	0,30	-

Tabela 1. Propriedades dos materiais adotados.

Fonte: KE et al., 2017; Matweb 2021d, 2021c, 2021b.

A modelagem se deu, assim como a modelagem do estudo de KE *et al.* 2017, foi efetuada por semelhança das próteses Flex-Foot Cheetah Xtend (J-shaped) da fabricante Össur (Figura 8-b) observadas no mercado. A prótese apresenta quatro elementos, representados na Figura 3. O acoplamento (item 3) faz a conexão entre a prótese e o membro residual do usuário, a junção (item 2) é responsável pela conexão do acoplamento e a lâmina, e a base (item 1) é responsável por simular o solo, uma base de apoio para a prótese; por último, a lâmina. Para a simulação foram adotados os materiais das Tabelas 1 e 2.

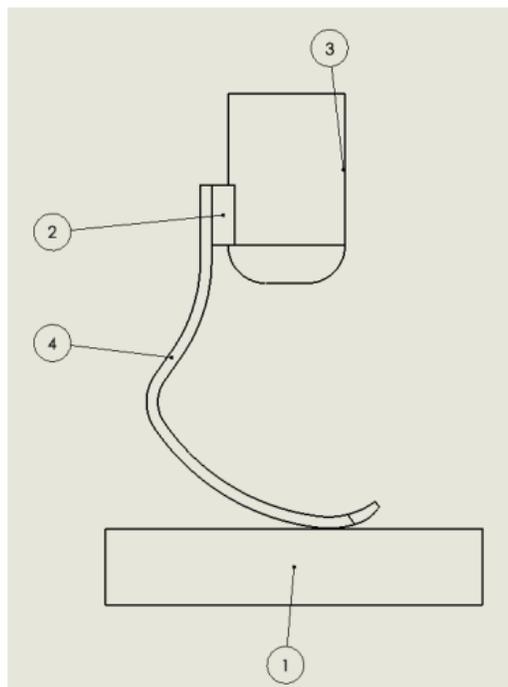


Figura 3. Elementos modelados da prótese.

Fonte: Autoria própria.

Elemento	Material
Elemento 1	Material 0-3
Elemento 2	Material 0-3
Elemento 3	Material 0-2
Elemento 4	Material 0-1

Tabela 2 – Atribuição dos materiais aos elementos da modelagem.

Fonte: Adaptado de KE et al., 2017.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Simulação 1

Na primeira simulação, foi testada a geometria 1, com os materiais 0-1, 0- 2 e 0-3, com a condição de esforços 1, que simula uma pessoa ereta, com apenas a prótese suportando o seu peso. O ponto que sofre a maior tensão, 63,203MPa nas condições

da simulação 1 é exibido na Figura 4. Na mesma figura é possível observar o perfil das tensões atuantes na prótese.

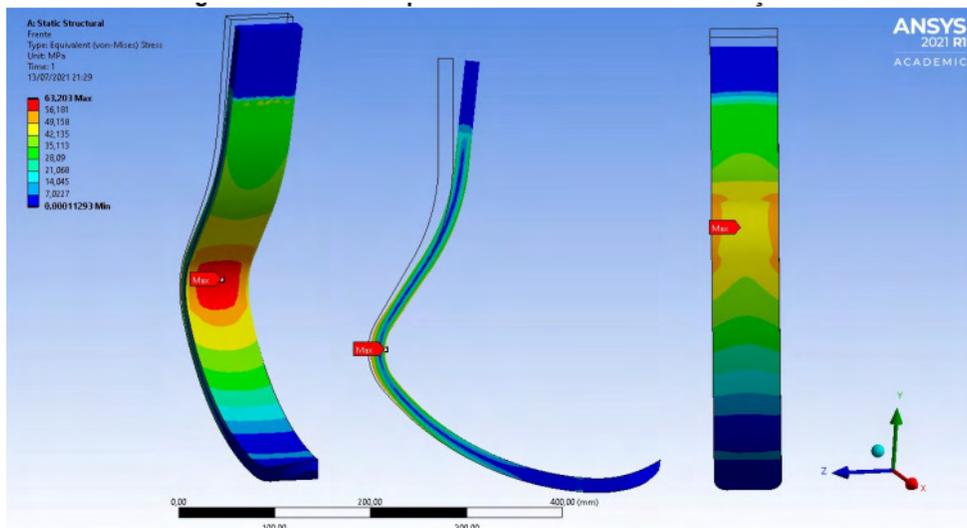


Figura 4. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 1.

Fonte: Autoria própria.

## Simulação 2

Na simulação 2, foi testada a geometria 2, com os materiais 0-1, 0-2 e 0-3, e condição de esforços 1. As tensões equivalentes de Von Mises da simulação 2 são exibidas na Figura 5, a tensão equivalente máxima para a simulação 2 foi de 62,296MPa.

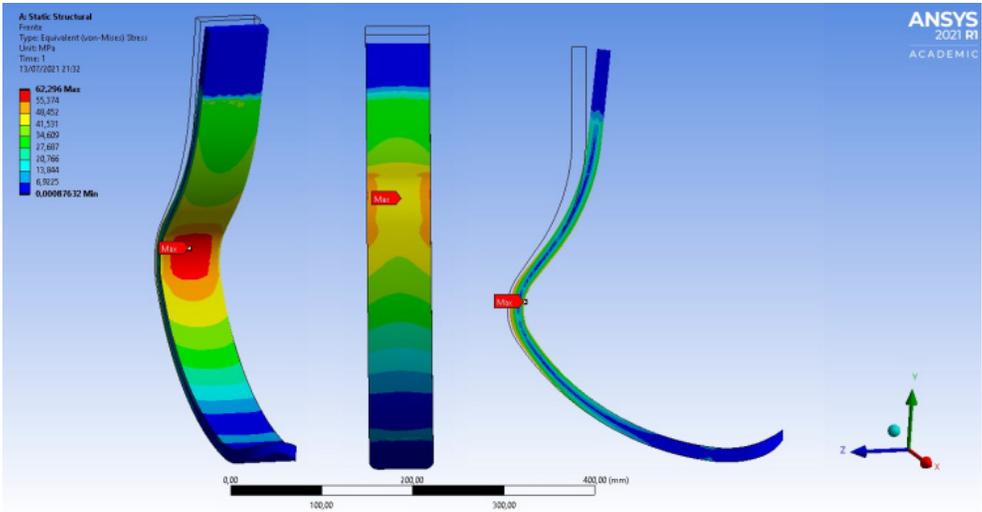


Figura 5. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 2.

Fonte: Autoria própria.

### Simulação 3

Na simulação 3, foi testada a geometria 3, com os materiais 0-1, 0-2 e 0-3, e condição de esforços 1. As tensões equivalentes de von Mises da simulação 3 podem ser observadas na Figura 6. A tensão equivalente máxima experimentada pela prótese nas condições da simulação 3 foi de 62,341Mpa.

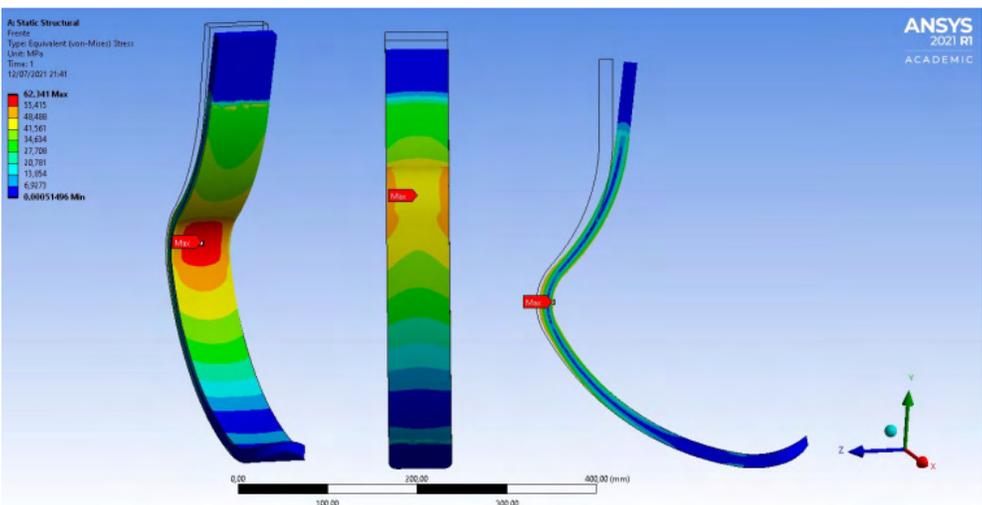


Figura 6. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 3.

Fonte: Autoria própria.

## Simulação 4

A simulação 4 testa a geometria 1, sob a atuação dos esforços 2, que simula uma pessoa em marcha de corrida. Os materiais utilizados na simulação ainda são os 0-1, 0-2 e 0-3. Na Figura 7 estão as tensões equivalentes resultantes dos parâmetros da simulação 4, bem como o marcador indicando a localização da tensão máxima observada, que é de 369,34MPa.

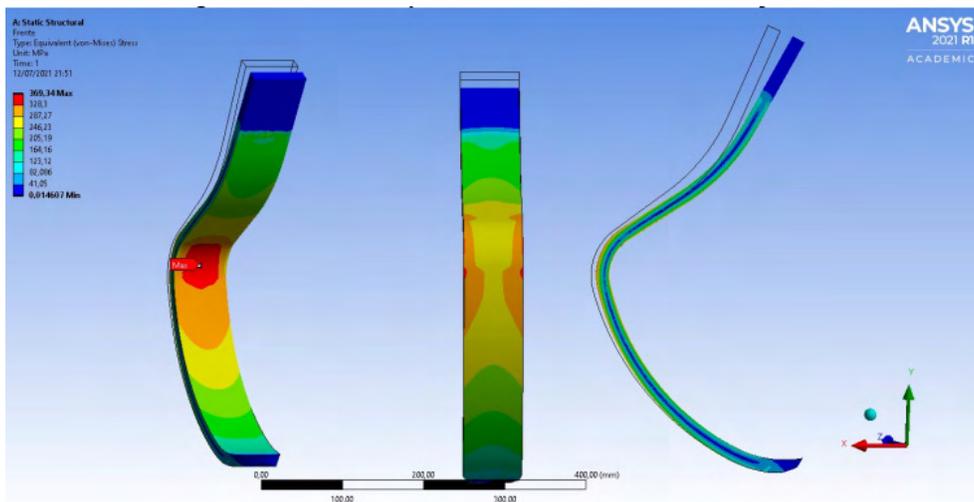


Figura 7. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 4.

Fonte: Autoria própria.

## Simulação 5

Também na simulação 5, os esforços testados são os de corrida (condição 2), os materiais continuam sendo 0-1, 0-2 e 0-3, porém a geometria utilizada é a geometria de número 2, com 35°. Na Figura 8 podem ser verificadas as tensões equivalentes de von Mises, resultantes das condições empregadas na simulação 5. A tensão máxima equivalente para essa simulação foi de 357,47MPa.

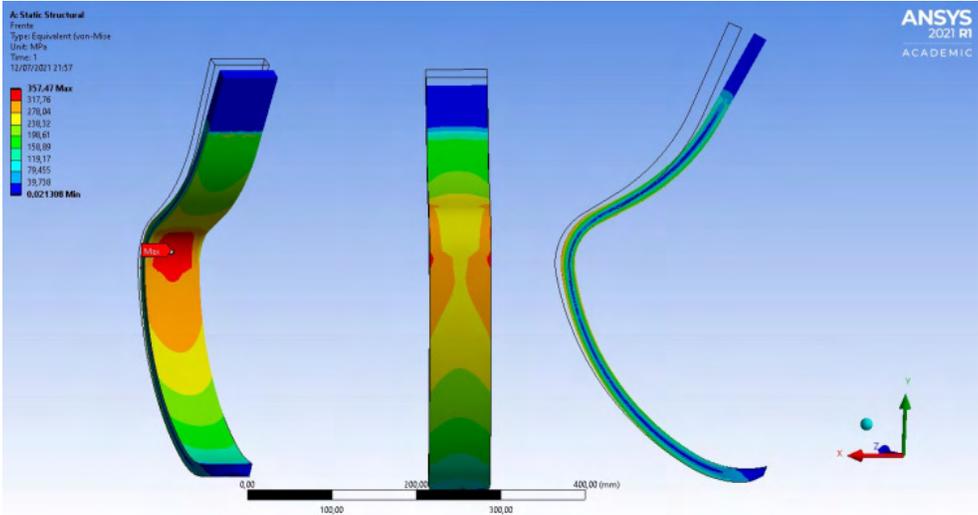


Figura 8. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 5.

Fonte: Autoria própria.

## Simulação 6

Na simulação de número 6, a geometria empregada foi a 3, com ângulo de 40°. Os esforços e os materiais foram os mesmos das últimas duas simulações (condição de esforços 2 e materiais 0-1, 0-2 e 0-3). As tensões equivalentes de von Mises, resultantes das condições da simulação 6, podem ser observadas na Figura 9. A tensão equivalente máxima para a simulação 6 foi de 349,28MPa.

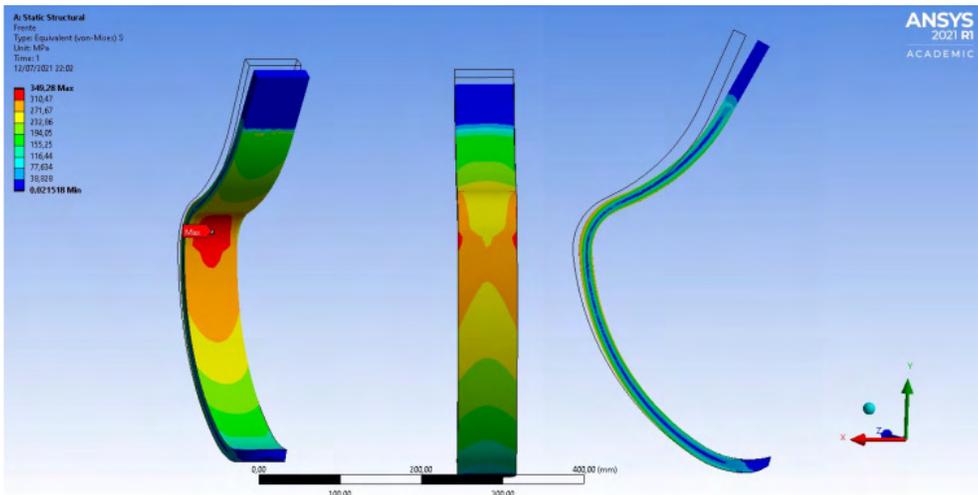


Figura 9. Tensões equivalentes de Von Mises – Simulação 6.

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 3 estão reunidas as tensões equivalentes de von Mises máximas. Por meio da tabela, fica explícito o degrau de tensões entre as primeiras três simulações e as últimas três, isso por conta da diferença nas condições de contorno dos problemas.

<b>Teste</b>	<b>Tensão máxima (MPa)</b>
Simulação 1	<b>63,203</b>
Simulação 2	<b>62,296</b>
Simulação 3	<b>62,341</b>
Simulação 4	<b>369,34</b>
Simulação 5	<b>357,47</b>
Simulação 6	<b>349,28</b>

Tabela 3 – Atribuição dos materiais aos elementos da modelagem.

Fonte: Autoria própria.

É notória a evolução das tensões em relação aos ângulos da geometria, para as duas condições de contorno, as geometrias com ângulos menores apresentaram tensões maiores.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio do desenvolvimento deste trabalho, foi possível modelar uma prótese do tipo *flex*, propondo alterações no modelo de trabalhos anteriores e aplicando diferentes materiais comerciais. Além disso, com o estudo do trabalho de outros autores, foram determinadas as condições de contorno que simulam o uso da prótese. Mediante a definição da modelagem e das condições de contorno, as simulações foram executadas, resultando nas tensões equivalentes de von Mises.

Com a análise das tensões e comparação com a resistência dos materiais escolhidos, foi constatado que dois dos materiais selecionados passam nas verificações realizadas e um terceiro material apresenta falhas, por conta da sua baixa resistência ao escoamento sob compressão. Também com a análise das tensões equivalentes, mas agora em comparação com os ângulos testados, os resultados indicaram que, à medida que ângulos maiores foram utilizados, as tensões experimentadas pela prótese foram menores, o que contrariou os resultados do trabalho de KE *et al.*, 2017, porém a diferença nos resultados pode ser explicada por diferenças entre as modelagens dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

PENEDO, F. J.; DAHN, J. R. Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. **Current Opinion in Psychiatry**, v. 18, p. 189–193, 2005.

LEE, I.-M.; SHIROMA, E. J.; LOBELO, F.; et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, v. 380, n. 9838, p. 219–229, 2012.

PEIXOTO, A. M.; ZIMPEL, S. A.; OLIVEIRA, A. C. A. DE; MONTEIRO, R. L. S.; CARNEIRO, T. K. G. Prevalência de amputações de membros superiores e inferiores no estado de Alagoas atendidos pelo SUS entre 2008 e 2015. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 24, n. 4, p. 378–384, 2018.

SILVA, R. DA; RIZZO, J. G.; FILHO, P. J. B. G.; RAMOS, V.; DEANS, S. Physical activity and quality of life of amputees in southern Brazil. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 35, n. 4, p. 432–438, 2011.

KE, M.-J.; HUANG, K.-C.; LEE, C.-H.; et al. Influence of three different curvatures flex-foot prosthesis while single-leg standing or running: a finite element analysis study. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 17, n. 03, p. 1750055, 2017.

BRAGARU, M.; DEKKER, R.; GEERTZEN, J. H. B. Sport prostheses and prosthetic adaptations for the upper and lower limb amputees. **Prosthetics & Orthotics International**, v. 36, n. 3, p. 290–296, 2012.

VOLPATO, A. C. **Influência da utilização de próteses específicas nas demandas energéticas da corrida: uma revisão sistemática**, 2018. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina

MATWEB. Online Materials Informations Resource - MatWeb. Disponível em: <<http://www.matweb.com/index.aspx>>. Acesso em: 14/4/2021a.

MATWEB. Hexcel® HexPly® M42 180°C (350°F) Curing Epoxy Matrix, 52%/G1177 Glass/Carbon Fiber. Disponível em: <<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=f1c1c85145a40dfa39a6d5261cc447>>. Acesso em: 14/4/2021b.

MATWEB. Hexcel® HexPly® M42 180°C (350°F) Curing Epoxy Matrix, 50%/G939 HS Carbon. Disponível em: <<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=a4251d9ad5a04c259bd79d03dcdcf987>>. Acesso em: 14/4/2021c.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Amputação 26
- Atividade metabólica 18
- Atividades catalíticas 5
- Atividades físicas 25, 26
- Atletas 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26
- Atletas paraolímpicos 26

### B

- Bactérias 3, 4
- Biomecânica 25

### C

- Cirurgia torácica 38
- Compósitos 25, 27, 28
- Cortisol 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
- Crânio 38, 39, 41
- Crispr/cas9 1, 2, 3, 5, 6, 10, 13, 15
- Crispr/cas9 e patologias 2
- Crispr e ética 2

### D

- DNA 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15
- Doença cardiovascular 38, 39
- Doenças 1, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 16, 25, 37, 39, 43, 44

### E

- Edição gênica 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 13
- Enzima 4, 5
- Estresse 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

### H

- Hemorragias 39

### L

- Linhagens 6, 8, 11, 13

## **M**

Material Genético 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13

Membros inferiores 25, 26

Método dos Elementos Finitos 25, 26

## **O**

Organismos 2, 3, 4, 6, 10, 12

## **P**

Pacientes 7, 8, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

prática esportiva 18

Pressão intracraniana 37, 38, 41, 44, 45

Prótese 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35

## **R**

Reabilitação de amputados 25

Reparação celular 6, 11

RNA 2, 3, 4, 5, 10, 12, 15

## **S**

Saliva 18, 21, 22, 23, 24

Saúde 10, 11, 15, 18, 19, 25, 26, 45, 46

## **T**

Tratamento psicológico 25

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED BIOMEDICAL ENGINEERING

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED BIOMEDICAL ENGINEERING

---

  
Ano 2022