



II Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica
II EnICT
ISSN: 2526-6772
IFSP – Câmpus Araraquara
26 e 27 de Outubro de 2017



ESTUDO DE FABRICAÇÃO E DESEMPENHO DE BIOMATERIAIS POLIMÉRICOS, APLICADOS AO INSERTO TIBIAL DA PRÓTESE TOTAL DE JOELHO

GABRIEL COSTABEBER¹, RENATO DE CAMARGO BORTHOLIN²

¹Graduando em Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Bolsista PIBIFSP, IFSP Câmpus Araraquara, g.costabeber@gmail.com

²Mestre em Engenharia Mecânica – Projeto Mecânico, Professor coordenador do curso de Engenharia Mecânica, IFSP Câmpus Araraquara, renato.bortholin@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Biomateriais e Materiais Biocompatíveis – 3.13.02.01-7

RESUMO: Atualmente diversos pacientes sofrem com enfermidades e necessitam de próteses para que possam levar uma vida com qualidade aceitável, dentro desse contexto esta aplicada a manufatura aditiva (MA) – fabricação por adição de material – que juntamente com a utilização de biomateriais poliméricos, e *softwares* específicos, possibilita a fabricação de próteses médicas personalizadas. Sendo assim, o seguinte projeto tem o objetivo de analisar as propriedades mecânicas de biopolímeros fabricados por MA, foram fabricados corpos de prova para utilização nos ensaios de caracterização mecânica, foi selecionado um modelo do inserto tibial, utilizado em próteses de joelho, e os esforços que atuam sobre o ele foram levantados. A continuidade de pesquisa se dará na aplicação dos conhecimentos obtidos, na análise do desempenho dos biomateriais poliméricos, aplicados ao inserto tibial, esta análise será realizada através do método dos elementos finitos (MEF).

PALAVRAS-CHAVE: biopolímeros; inserto tibial; manufatura aditiva; método dos elementos finitos; próteses personalizadas.

INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (MA) tem sido alvo de interesse em diversos estudos, por ser considerada uma tecnologia do futuro, com aplicação em diversos setores industriais. Na medicina a manufatura aditiva pode ser utilizada para fabricação de próteses médicas personalizadas, podendo trabalhar em conjunto com tecnologias de obtenção de imagens, como a ressonância magnética e tomografia computadorizada (BERTOL, 2008; VOLPATO et al., 2007). Dentre os principais argumentos que os defensores da manufatura aditiva na área médica apresentam, Bertol (2008) aponta a redução no tempo de cirurgias, melhores resultados estéticos e redução no risco de infecções. Entretanto, envolve um domínio tecnológico avançado, pois além dos conhecimentos em medicina, envolvem os conhecimentos em processamento de imagens, em *softwares CAD (Computer Aided Design)* e/ou *CAM (Computer Aided Manufacturing)* e tecnologias de processamento de biomateriais.

Tendo em vista este novo meio para fabricação de próteses médicas, esta pesquisa tem o objetivo de avaliar a utilização dos biomateriais nas técnicas de manufatura aditiva, e com o auxílio do método dos elementos finitos (MEF), analisar o desempenho destes materiais aplicados ao inserto tibial, utilizado na prótese de joelho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os biomateriais são utilizados como alternativa para o tratamento de pacientes que sofreram, ou sofrem, com doenças ou acidentes que lhe geram defeitos na forma ou funcionamento de partes do corpo (BERTOL, 2008).

Segundo Williams (1999, p. 42) biomaterial pode ser definido como “ material sintético, natural ou natural modificado [...] não viável, utilizado em dispositivos médicos [...] que pretende interagir com sistemas biológicos, a fim de avaliar, ampliar, tratar ou substituir qualquer tecido, organismo ou função do corpo”.

As técnicas de manufatura aditiva, baseiam-se no princípio de manufatura por camadas, ou seja, é realizada a fabricação de modelos tridimensionais, a partir de informações obtidas por um modelo geométrico gerado em um sistema *CAD 3D* ou *CAM*, através da adição de material em forma de camadas planas e sucessivas (VOLPATO et al, 2007). Na medicina a manufatura aditiva possui muitas utilidades, tais como elaboração de procedimentos cirúrgicos complexos, moldes para guias cirúrgicos, planejamento de tratamento de tumores, planejamento de radioterapias, diagnósticos, *design* de instrumentos médicos, *design* de implantes e fabricação de próteses, sendo este último utilizado para fabricação de próteses personalizadas (GRANDO, 2005).

O método dos elementos finitos pode ser definido como um método matemático, no qual um meio contínuo é subdividido em elementos que mantém as propriedades de quem os originou. Esses elementos são descritos por equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos para que sejam obtidos os resultados desejados (LOTTI et al, 2006). Este método é extremamente útil para indicar aspectos mecânicos de biomateriais e tecidos humanos que dificilmente poderiam ser medidos *in vivo*, além da diminuição na quantidade de exames necessários e redução de custos, tendo em vista que a análise através do método dos elementos finitos permite a determinação do estresse e tensão resultante de forças externas, pressão, mudanças térmicas e outros fatores (SILVA et al., 2009).

METODOLOGIA

Foram obtidos corpos de prova dos materiais ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e PLA (Póli Ácido Lático), para realização do ensaio de tração, para caracterização mecânica dos materiais. Os ensaios de tração foram realizados conforme a norma ASTM D638-14, com o corpo de prova do Tipo I, os corpos de prova foram medido, marcados para delimitar o espaço onde as garras da máquina seriam fixadas e foram numerados de 1 a 5 para conferência dos resultados. Para a realização dos ensaios, foi utilizada a máquina universal de ensaios EMIC®, com célula de carga de até 10 KN.

Para a realização da análise pelo MEF, foi obtido um modelo do inserto tibial, que é utilizado em próteses totais de joelho, o modelo pode ser observado na Figura 1.

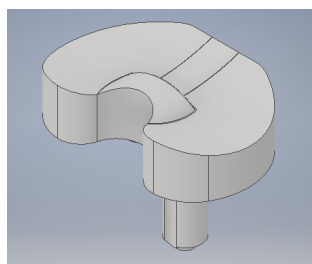


FIGURA 1. Modelo do inserto tibial, utilizado em próteses totais de joelho.
 FONTE: Adaptado de Calapatia (2013).

TABELA 1. Esforços aplicados no inserto tibial.
 FONTE: Adaptado de Ishikawa et al. (2015).

Posição	30°		60°		90°							
	Lateral	Medial	Lateral	Medial	Lateral	Medial						
Alinhado Mecanicamente	501 N	8 MPa	851 N	11 MPa	1301 N	14 MPa	831 N	15 MPa	1200 N	22 MPa	1200 N	20 MPa

A Tabela 1 aponta os esforços que são aplicados ao inserto tibial, esses esforços foram dimensionados para uma pessoa de 80kg, com o joelho em três ângulos de dobramento. Os esforços são aplicados em diferentes quadrantes, que podem ser observados na Figura 2.

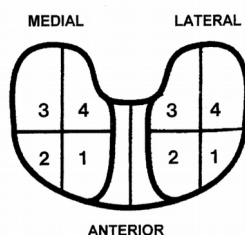


FIGURA 2. Divisão do inserto tibial em quadrantes, onde serão aplicados os esforços.
 FONTE: Wallace et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 2. Propriedades mecânicas obtidas a partir dos ensaios de tração, com seus respectivos desvios padrão.

FONTE: o Autor.

	CP-01		CP-02		CP-03		CP-04		CP-05		Desvios Padrão	
	σ^*	E*	σ^*	E*	σ^*	E*	σ^*	E*	σ^*	E*	σ^*	E*
ABS	15,68	1358	20,67	1497	18,7	1204	19,81	1300	18,1	1400	1,705	97,952
PLA	35,09	2114	32,02	2056	30,7	2064	31,86	2064	33,38	2058	1,503	21,637

*:valores medidos em Mpa.

TABELA 3. Propriedades mecânicas ABS e PLA, comparativo entre o processo FDM e injeção.

FONTE: Adaptado de Pachekoski, Dalmolin e Agnelli (2014); Ozcelik, Ozbay e Dermibas (2010).

	ABS		PLA	
	Módulo de Young (Mpa)	Resistência à Tração (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Resistência à Tração (Mpa)
FDM	1351	18,59	2071	32,61
Injetado	2128	36,48	3400	63

A Tabela 2 aponta os resultados obtidos a partir dos ensaios de tração e seus respectivos desvios padrão. Segundo a Tabela 3 os materiais ABS e PLA apresentam menor rigidez elástica e menor resistência mecânica, quando fabricados pela técnica FDM, quando comparado ao processo de fabricação por injeção. O ABS, por exemplo, apresentou módulo de elasticidade e tensão limite de resistência à tração menores, de aproximadamente 37% e 49%, respectivamente. O mesmo ocorre com o PLA, que apresentou módulo de elasticidade e tensão limite de resistência à tração menores, de aproximadamente 39% e 48%, respectivamente.

CONCLUSÕES

Segundo os dados obtidos, pode-se entender o funcionamento e a utilização das tecnologias de manufatura aditiva, voltadas à área da saúde, e como alguns materiais são empregados a cada uma destas tecnologias.

Durante a realização da pesquisa, foram levantadas algumas informações sobre biomateriais poliméricos e sobre seus processos de fabricação, também foram obtidas as informações sobre o inserto tibial e sobre as cargas que atuam sobre ele, o próximo passo da pesquisa consiste em aplicar os conhecimentos obtidos e analisar o comportamento dos materiais, através do MEF, aplicado ao inserto tibial.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, L. S. **Contribuição ao estudo de prototipagem rápida, digitalização tridimensional e seleção de materiais no design de implantes personalizados.** 131 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13668/000652351.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2017.
- CALAPATIA, E. M. **Knee cap.** 4 de julho de 2013. Disponível em: <<https://grabcad.com/library/knee-cap-1>>. Acesso em: 14 de agosto de 2017.
- GRANDO, N. **Segmentação de imagens tomográficas visando a construção de modelos médicos.** 141 p. Dissertação (Mestrado) — Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/cpgei/Ano_2005/dissertacoes/Dissertacao_371_2005.pdf>. Acesso em: 21 de março de 2017.
- ISHIKAWA, M. et al. **Kinematic alignment produces near-normal knee motion but increases contact stress after total knee arthroplasty: A case study on a single implant design.** The Knee, Kyoto, Japão, 2015. Disponível em: <http://ac-els-cdn-com.ez338.periodicos.capes.gov.br/S0968016015000526/1-s2.0-S0968016015000526-main.pdf?_tid=c151a0f4-90d8-11e7-a261-00000aacb361&acdnat=1504464809_1d4a7ac63e789a3fa0efbbfa9255e0bf>. Acesso em: 14 de agosto de 2017.
- LOTTI, R. S. et al. **Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos.** R Dental Press Ortodon Ortop Facial, Maringá, v. 11, n. 2, p. 35–43, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/dpress/v11n2/a06v11n2>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2017.
- OZCELIK, B.; OZBAY, A.; DERMIBAS, E. **Influence of injection parameters and mold materials on mechanical properties of ABS in plastic injection molding.** Internacional communications in heat and mass transfer. 2010. Disponível em: <https://ac-els-cdn-com.ez338.periodicos.capes.gov.br/S0735193310001636/1-s2.0-S0735193310001636-main.pdf?_tid=59526fe4-a139-11e7af560000aacb0f01&acdnat=1506265514_4c47034978f4e30eb9aa83434b375740>. Acesso em: 25 de março de 2017.
- PACHEKOSKI, W. M.; DALMOLIN, C.; AGNELLI, J. A. M. **Blendas poliméricas biodegradáveis de PHB e PLA para fabricação de filmes.** Revista Polímeros. v. 24, n. 4, p. 501-507. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v24n4/14.pdf>>. Acesso em: 14 de março de 2017.
- SILVA, B. R. da et al. **Aplicação do método dos elementos finitos em odontologia: análise das publicações científicas de 1999 a 2008.** Internacional Journal of Dentistry, Recife, v. 8, n. 4, p. 197–201, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/2655/1/2009_art_fisilvajunior.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2017.
- VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações.** 1. ed. Editora Blücher, 2007. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Prototipagem_r%C3%A1pida.html?id=p990PgAACAJ&redir_esc=y>. Acesso em: 17 de abril de 2017.
- WALLACE, A. L. et al. **Intraoperative assessment of tibiofemoral contact stresses in total knee arthroplasty.** The journal of arthroplasty, Vol. 13, N. 8, Sidney, Australia, 1998. Disponível em: <http://ac-els-cdn-com.ez338.periodicos.capes.gov.br/S0883540398902005/1-s2.0-S0883540398902005-main.pdf?_tid=96192216-90da-11e7-b584-00000aacb362&acdnat=1504465595_1cfe403cccd8cabe2d442c63f17def3f>. Acesso em: 25 de agosto de 2017.
- WILLIAMS, D. F. **The Williams dictionary of biomaterials.** 1. ed. Liverpool: Liverpool University Press, 1999. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/The_Williams_Dictionary_of_Biomaterials.html?id=Hv45B7P5N3gC&redir_esc=y>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2017.