



**FABRÍCIO LORENI DA SILVA CERUTTI
(ORGANIZADOR)**

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA

Atena
Editora
Ano 2020



**FABRÍCIO LORENI DA SILVA CERUTTI
(ORGANIZADOR)**

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I34 Impactos das tecnologias na engenharia biomédica [recurso eletrônico] / Organizador Fabrício Loreni da Silva Cerutti. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-937-0

DOI 10.22533/at.ed.370201701

1. Biomedicina. 2. Educação médica. 3. Medicina – Prática.
I.Cerutti, Fabrício Loreni da Silva.

CDD 610.69

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O e-book: Impactos das Tecnologias na Engenharia Biomédica, é composto por 8 artigos científicos que abordam temas como a utilização de processamento de sinal para reconhecer padrões de cardiopatias em eletrocardiograma, engenharia de tecidos utilizando gelatina para regeneração de tecido cartilaginoso, engenharia química para liberação controlada de Ibuprofeno no sistema gastrointestinal e análise da bioatividade em superfícies de titânio tratada. Também apresenta um novo dispositivo eletrônico de segurança em coletores de perfurocortantes. Por fim, descreve o desenvolvimento de baixo custo de um *phantom* antropomórfico de crânio com impressora 3D para controle de qualidade em equipamentos de raios X.

Com certeza este *e-book* irá colaborar para expandir o conhecimento dos leitos nas diferentes áreas da Engenharia Biomédica.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Prof. MSc. Fabrício Loreni da Silva Cerutti

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE EM MULTIRRESOLUÇÃO DO SINAL DE ELETROCARDIOGRAMA PARA DETECÇÃO DE CARDIOPATIAS | |
| Elen Macedo Lobato | |
| Ramon Mayor Martins | |
| Bruno Marcos Espindola | |
| DOI 10.22533/at.ed.3702017011 | |
| CAPÍTULO 2 | 5 |
| BIOMATERIAL DE GELATINA PARA CULTURA DE CÉLULAS CONDRAIS | |
| Dara Giovana Senciani Mendes | |
| Felipe Nogueira Ambrosio | |
| Christiane Bertachini Lombello | |
| DOI 10.22533/at.ed.3702017012 | |
| CAPÍTULO 3 | 19 |
| BIONANOCOMPÓSITOS QUITOSANA/MONTMORILONITA COMO SISTEMA DE LIBERAÇÃO CONTROLADA DO IBUPROFENO | |
| Albaniza Alves Tavares | |
| Pedro Henrique Correia de Lima | |
| Maria Jucélia Lima Dantas | |
| Bárbara Fernanda Figueiredo dos Santos | |
| Cristiano José de Farias Braz | |
| Suédina Maria de Lima Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.3702017013 | |
| CAPÍTULO 4 | 32 |
| DIAGNÓSTICO DE ARRITMIAS CARDÍACAS APLICANDO TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA | |
| Amanda Lucas Pereira | |
| Lizandra Silva Sá | |
| Luiz Alberto Pinto | |
| DOI 10.22533/at.ed.3702017014 | |
| CAPÍTULO 5 | 43 |
| LINFOMA DE HODGKIN: A IMPORTÂNCIA DE UM DIAGNÓSTICO PRECOCE PELA EQUIPE DE ENFERMAGEM | |
| Joelma Alves Firmino de Araújo | |
| Thiago de Araújo Borges Firmino | |
| Fabiano André de Araujo Santana | |
| Kelly Cristina de Souza Claudino | |
| Elisângela de Andrade Aoyama | |
| DOI 10.22533/at.ed.3702017015 | |
| CAPÍTULO 6 | 48 |
| OBTENÇÃO DE TITÂNIO COM SUPERFÍCIE BIOATIVA A PARTIR DE MODIFICAÇÃO QUÍMICA COM ESTRÔNCIO E MAGNÉSIO | |
| Fernanda Vargas de Almeida | |
| Marcella Wayss Darold | |
| Alicia Christmann Mattioni | |
| Pedro Machado Wurzel | |
| Luiz Fernando Rodrigues Júnior | |

DOI 10.22533/at.ed.3702017016

CAPÍTULO 7 54

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DE COLETORES DE PERFUROCORTANTES

Rosângela Vaz

Mariana Fraga

DOI 10.22533/at.ed.3702017017

CAPÍTULO 8 63

DESENVOLVIMENTO DE UM *PHANTOM* ANTROPOMÓRFICO DE CRÂNIO HUMANO COM IMPRESSORA 3D PARA CONTROLE DE QUALIDADE EM RADIODIAGNÓSTICO

Thays Fornalevicz Van Beik

Kimberly Dyanna Gomes Da Cruz

Erica Rafaela Carneiro

Fabício Loreni Da Silva Cerutti

Leandro Michelis

DOI 10.22533/at.ed.3702017018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 81

ÍNDICE REMISSIVO 82

DESENVOLVIMENTO DE UM *PHANTOM* ANTROPOMÓRFICO DE CRÂNIO HUMANO COM IMPRESSORA 3D PARA CONTROLE DE QUALIDADE EM RADIODIAGNÓSTICO

Data de aceite: 03/01/2020

Data de submissão: 20 de Novembro de 2019.

Thays Fornalevicz Van Beik

Acadêmica do 6º período do curso de Tecnologia em Radiologia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa – PR, e-mail: erica07rafa@hotmail.com

Kimberlly Dyanna Gomes Da Cruz

Acadêmica do 6º período do curso de Tecnologia em Radiologia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa – PR, e-mail: kimberlly.d@hotmail.com

Erica Rafaela Carneiro

Acadêmica do 6º período do curso de Tecnologia em Radiologia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa – PR, e-mail: thaysfornaleviczbeik@gmail.com

Fabrcio Loreni Da Silva Cerutti

Orientador Msc. professor do curso de Tecnologia em Radiologia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa – PR, e-mail: cerutti.fabricio@gmail.com

Leandro Michelis

Co - Orientador professor do curso de Tecnologia em Radiologia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa – PR, e-mail: leandromichelis@gmail.com

realizar o desenvolvimento de um *phantom*, simulando a atenuação da radiação ionizante na estrutura óssea do crânio humano para aplicação em testes de controle de qualidade em Tomografia Computadorizada (TC). Juntamente com a evolução dos equipamentos radiológicos surgiu a necessidade de realizar testes para verificar o desempenho dos aparelhos, visando a proteção radiológica e a qualidade dos aparelhos. O trabalho foi desenvolvido com a utilização da impressora 3D *Creativity Ender 3 Pro*, com o material poliácido láctico (PLA) e programas para a definição dos parâmetros do objeto. Entre os resultados obtidos na construção do objeto simulador, pode-se observar que o *phantom* obteve características geométricas similares ao formato do crânio humano e é possível fazer uma correlação com as densidades ópticas do penetrômetro e da radiografia. Portanto a construção de um *phantom* antropomórfico é possível utilizando a impressora 3D com matéria-prima de baixo custo, alcançando assim características de estruturas ósseas e densidades equivalentes de um crânio para imagens de Raios X Convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Avanço Tecnológico, Simulador, Radiodiagnóstico.

RESUMO: O principal objetivo do trabalho foi

1 | INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia em tomografia computadorizada (TC) proporcionou diversos benefícios para o diagnóstico por imagem, entretanto esse procedimento também está sujeito a desalinhamentos, descalibração e funcionamento defeituoso do equipamento. Pensando nisso, se faz necessário o desenvolvimento de programas de controle de qualidade para manter o correto funcionamento do aparelho (BUSHONG, 2010).

No Brasil, foi criada a Portaria 453, de 01 de junho de 1998, legislação que determina a periodicidade dos testes e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) elaborou o manual “Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança” que estabeleceu procedimentos para a realização dos testes (ANVISA, 2005).

Os testes para controle de qualidade são realizados com o intuito de oferecer aos usuários dos serviços de radiodiagnóstico, proteção e eficácia dos exames radiológicos (ANVISA, 2005). Todo equipamento de raios X diagnóstico deve ser mantido em condições adequadas de funcionamento e submetido regularmente a verificações de desempenho (PORTARIA 453/98).

É importante destacar que ocorre uma divergência entre a ANVISA e a PORTARIA 453, de 01 de junho de 1998 na questão dos períodos que devem ser realizados em relação os testes, a ANVISA indica que os testes devem ser realizados semestralmente e após reparos no aparelho (ANVISA, 2005). Enquanto a Portaria 453/98 informa apenas sobre o teste de uniformidade do número de TC que deve ser realizado semanalmente (PORTARIA 453/98).

Os principais testes realizados periodicamente, com a finalidade de realizar um controle de qualidade satisfatório em TC são: ruído, exatidão e uniformidade do número de TC. São executados com objetos que simulam a densidade de estruturas do corpo humano, com a finalidade de calibrar o equipamento para manter a qualidade da imagem e assegurar a radioproteção de profissionais e pacientes (ANVISA, 2005). No século XXI os avanços tecnológicos proporcionam funcionalidades que auxiliam os seres humanos na realização de suas tarefas e, uma destas tecnologias é a impressão 3D. A impressão 3D possibilita o uso em diversas áreas, na medicina como exemplo, para imprimir órgãos humanos com células vivas, alguns membros, próteses dentárias e aparelhos ortodônticos (ANDERSON, 2012).

A elaboração do molde é realizada com um *software* para criação do objeto 3D ou obtenção do molde através de um escaneamento do objeto a ser copiado. (MATSUURA, 2013).

Além da construção do objeto e das ferramentas necessárias para imprimir, outro item indispensável são as matérias primas, entre elas o poliácido láctico (PLA) e o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), que são filamentos para a impressão 3D das peças (CUNHA, 2013).

E levando em consideração a densidade óptica (DO), que é o grau de enegrecimento da radiografia e pode estar presente em vários graus, desde completamente escuro, onde nenhuma luz é transmitida através da radiografia, até quase clara. O que determina a DO é o mAs, responsável por controlar a quantidade de raios X emitida pelo tubo de raios X durante uma exposição, entretanto outro fator que pode influenciar é a espessura em cada região do objeto simulador. Assim, a duplicação do mAs duplicará a quantidade de raios X emitida e a densidade. (BUSHONG, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um *phantom* antropomórfico de crânio humano, utilizando a impressora 3D (*Creality Ender 3 Pro*) com o material poliácido láctico (PLA) e uma cunha (penetrômetro) para confrontar os diferentes níveis de densidade óptica para controle de qualidade em radiodiagnóstico.

2 | MATERIAL E MÉTODOS PLA

O ácido polilático, PLA, é uma matéria prima muito utilizada impressão 3D. É uma material derivado do milho e outros amidos renováveis, biodegradável e tem cheiro suavemente adocicado. Também é mais rígido e viscoso do que ABS, por isso é menos propenso a deformação (GODOY, 2018).

Não necessita de uma mesa aquecida, porém, ela aquecida garante melhor qualidade de impressão e possível descolamento, recomenda-se que a mesa esteja aquecida em temperaturas de 50-60 °C (GODOY, 2018).

Por fim, é um excelente material para uso tanto caseiro quanto fabril. Por possuir uma aparência brilhante, ampla variedade de cores e alternativas diferentes de transparência fazem dele uma opção ideal para impressões 3D (GODOY, 2018). Conforme a figura a seguir:



Figura 1 – Políácido láctico, PLA.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

IMPRESSORA

Há mais de trinta anos vem sendo analisadas e desenvolvidas instrumentos apropriadas para a criação de objetos em três dimensões de uma vez só. Por volta de 2006, este tipo de procedimento já testava suas primeiras aplicações para uso pessoal (GORNI, 2013).

Na mesma época, sites sobre fabricação em casa ensinava as pessoas sobre a manufatura adicional e trazia como a principal função promover a comercialização e o uso da primeira impressora tridimensional voltada para uso doméstico. Esse projeto, denominado Metamáquina, resultou na disponibilidade de impressoras 3D a preços bastante acessíveis (GORNI, 2013).

Na atualidade, estão disponíveis nos comércios universais diversas opções de impressoras 3D com valores acessíveis, conforme a tabela 1, referente ao ano de 2019. Nos últimos anos a venda de impressoras 3D cresceram como apresenta o gráfico 1, e muitas empresas têm se dedicado à produção de seus próprios instrumentos e a elaboração de *hardware* e *software* de código aberto (GORNI, 2013).

| IMPRESSORAS 3D | TIPO DE FILAMENTO | ESPAÇO DE CONSTRUÇÃO (mm) | PREÇO DE MERCADO (R\$) |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Creality Ender 3.</i> | PLA, ABS e compostos. | 220 x 220 x 250. | 747,15 |
| <i>Monoprice Mini Delta.</i> | PLA. | 110 x 120. | 667,84 |
| <i>BIQU Magician.</i> | PLA, ABS e compostos. | 100 de diâmetro x 150. | 705,41 |
| <i>Geeetech A10.</i> | PLA, ABS e compostos. | 220 x 220 x 260. | 772,19 |
| <i>Monoprice MP Select Mini V2.</i> | PLA e ABS. | 120 x 120 x 120. | 793,06 |
| <i>Creality Ender 3 Pro.</i> | PLA, ABS e compostos. | 220 x 220 x 250. | 861,71 |
| <i>Tevo Tarantula Pro.</i> | PLA, ABS e compostos. | 235 x 235 x 250. | 915,20 |
| <i>Anycubic i3 Mega.</i> | PLA, ABS e compostos. | 210 x 210 x 205. | 1.207,73 |
| <i>Monoprice Maker Select Plus.</i> | PLA, ABS e compostos. | 200 x 200 x 180. | 1.207,73 |

Tabela 1 –Principais impressoras 3D, lançadas em 2019

Fonte: Locker, 2019.

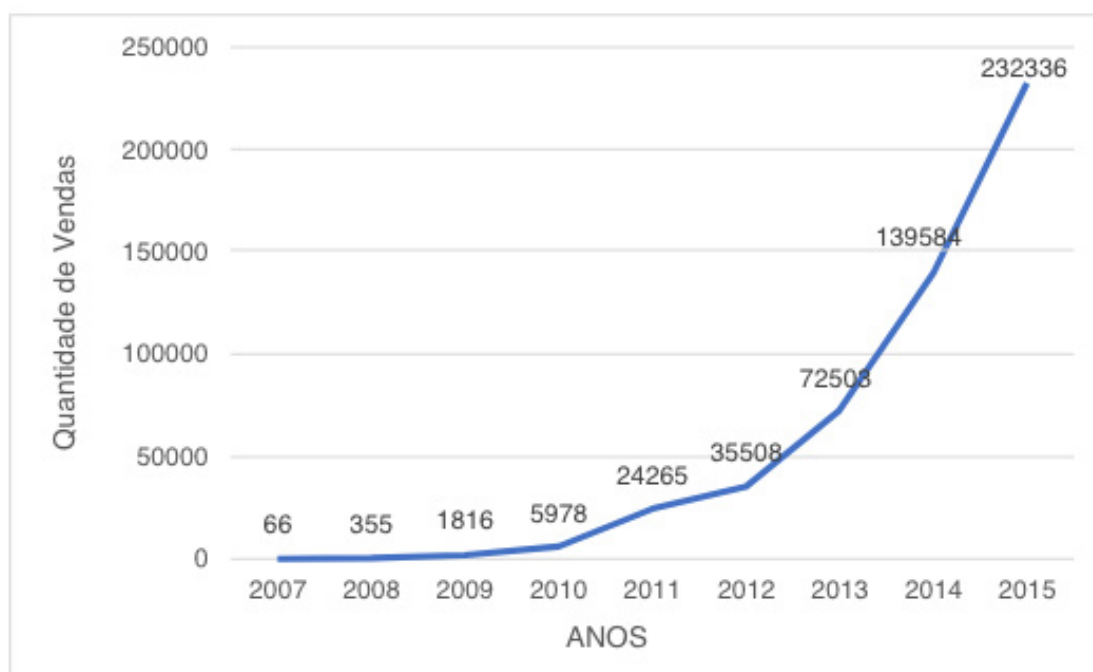


Gráfico 1 – Venda de impressoras 3D nos últimos anos.

Fonte: Berwanger, 2018.

Para o uso doméstico, são confeccionados pequenos objetos, como capas para

celulares, pequenos vasos de plantas, xícaras, entre outros. Entretanto, os produtos criados por empresas e indústrias, que usam impressoras com máxima capacidade e programas mais avançados, podem ser desde peças para veículos até próteses médicas de alta qualidade (CUNHA, 2013).

Em prol do desenvolvimento do trabalho, foram utilizados os programas *SkectUp* para a confecção do espectrômetro, o programa *Cura* para realizar fatiamento, adequação à mesa da impressora e as espessuras necessárias e a impressora *Creativity Ender 3 Pro*.

A *Creativity Ender 3 Pro*, com uma constituição compacta e forte com amplo volume e qualidade de impressão. Sendo premiada pela revista online All3DP como a melhor impressora 3D de baixo custo (LOCKER, 2019).

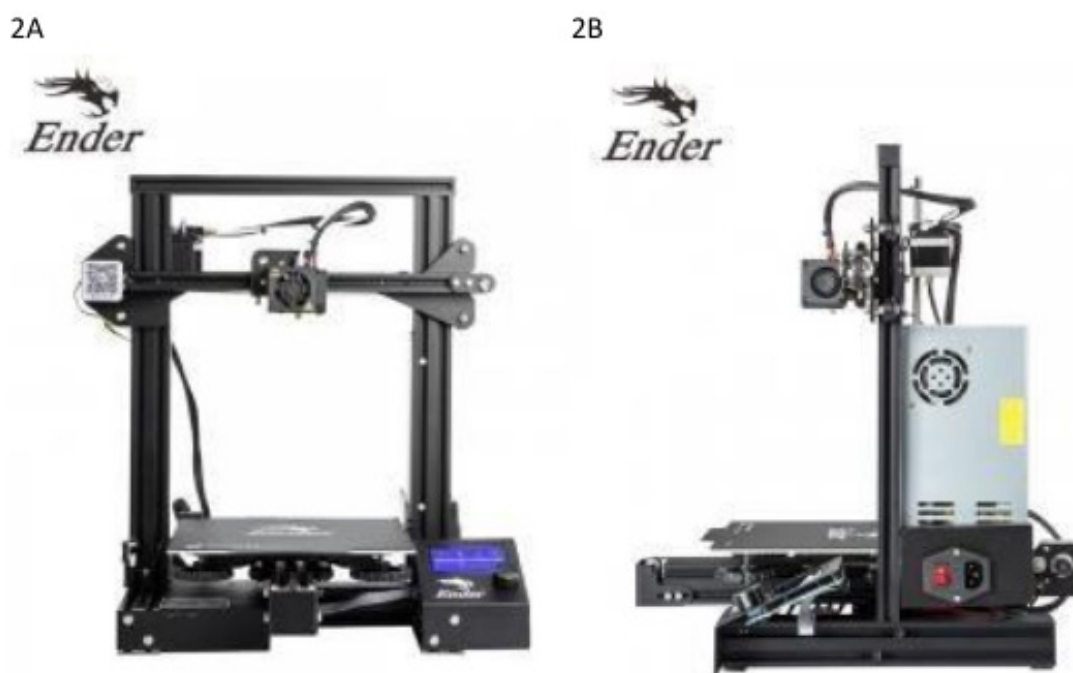


Figura 2: Impressora Creativity Ender 3 Pro, visão anterior (2A) e visão lateral (2B):

Fonte: Creativity, 2018.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO CONSTRUÇÃO DO PENETRÔMETRO

Os penetrômetros, ou indicadores de qualidade de imagem - IQI, são aparelhos (lâminas de uma ou várias profundidades, ou fios de diferentes diâmetros), colocados em proeminência sobre a peça, para averiguar a sensibilidade radiográfica, isto é, a clareza desses aparelhos na radiografia (ANDREUCCI, 2013).

O uso do IQI define a sensibilidade radiográfica obtida em função de sua espessura e permite verificar se o operador usou a técnica correta, o tipo de filme adequado e a correta energia das radiações (ANDREUCCI, 2013).

Para a construção do penetrômetro, foi utilizado o programa *SkectUp*, de acordo com a figura 3, para a confecção da peça. Isso foi realizado com 2 cm de largura e 16 cm de comprimento, a altura dos degraus com 0,3 cm.

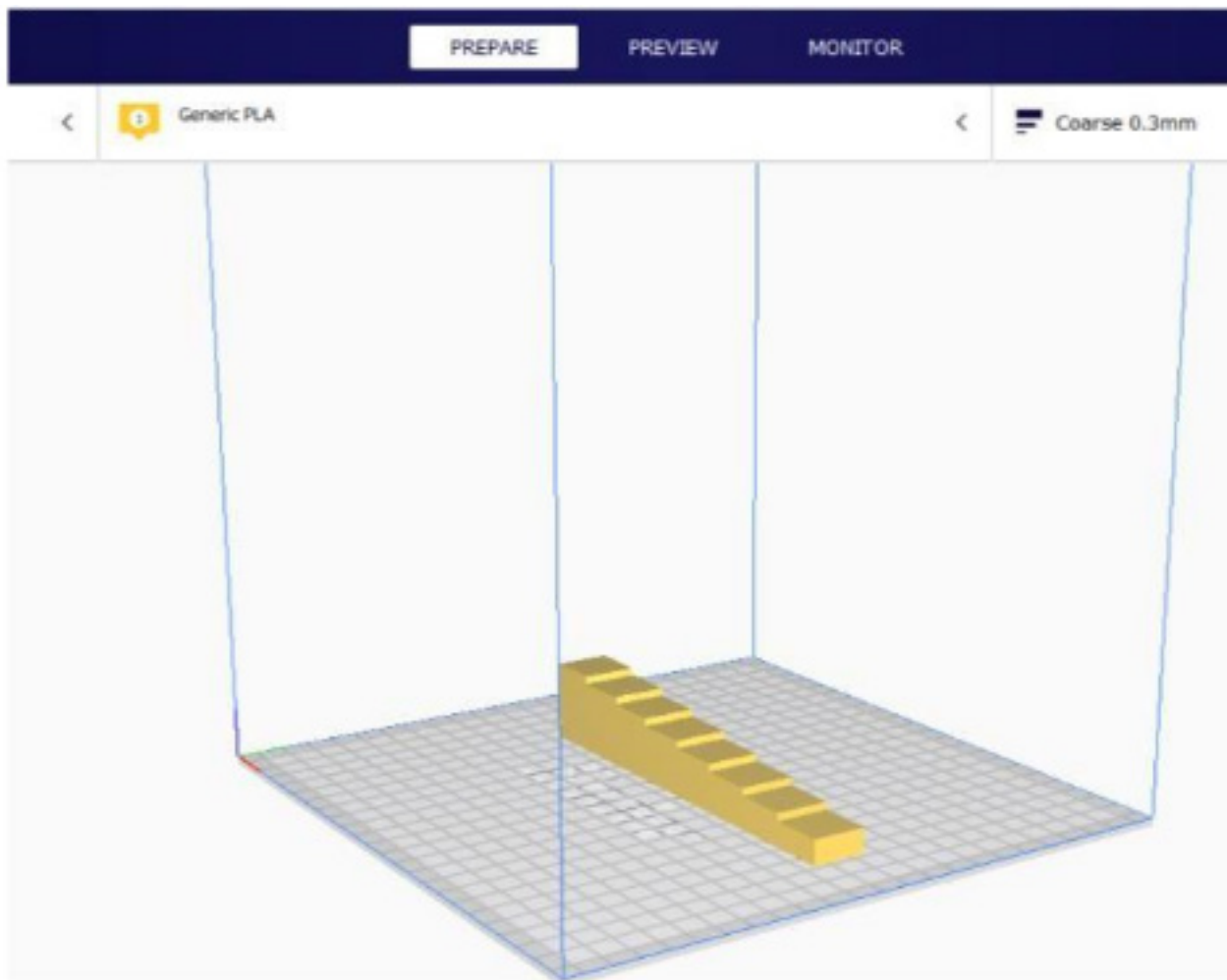


Figura 3 – Confecção da peça no programa.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

Foi utilizado também o programa de fatiamento *Cura*, conforme a figura 4 de acordo com as especificações da impressora, esse *software* faz isso cortando o modelo em camadas finas ou não do modo que proporciona a maneira que necessita e salvando o arquivo pronto para impressão.

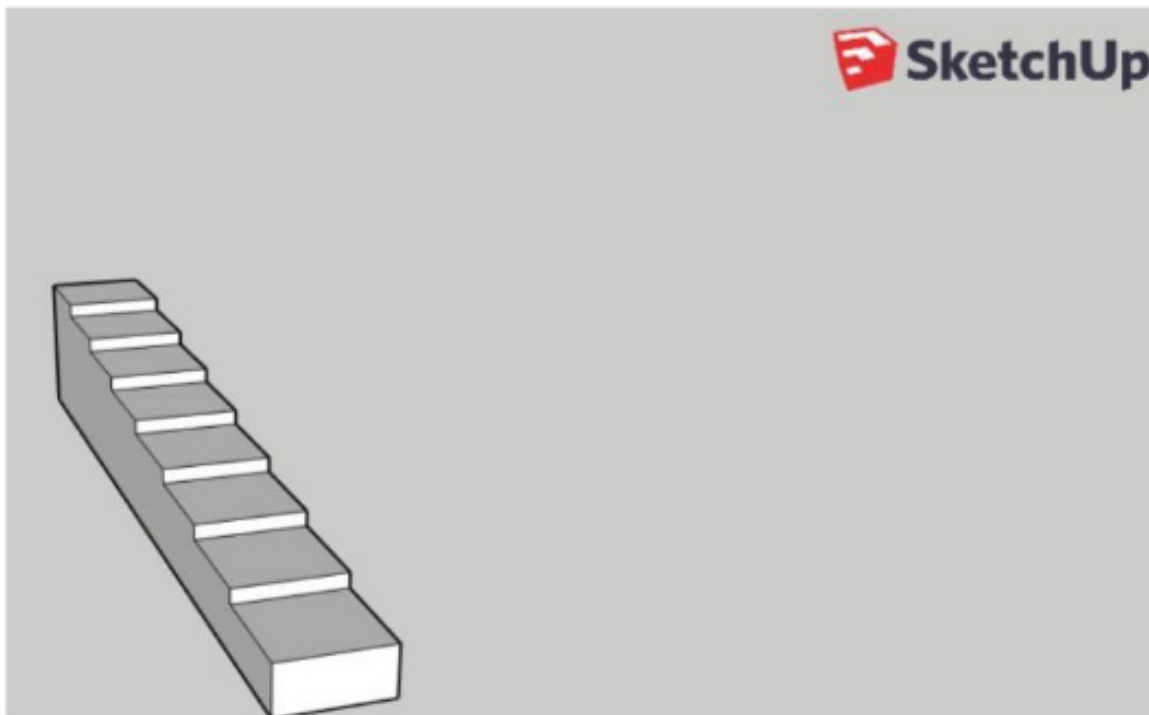


Figura 4 – Captura de imagem, das especificações do software Cura do penetrômetro.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

E para a confecção da peça, foi operado uma impressora 3D (*Creality Ender 3 Pro*), de acordo com a figura 5, com tempo de duração de aproximadamente três horas e treze minutos. O material utilizado foi o PLA, utilizado cerca de 47 gramas do material. A figura 6 apresenta o penetrômetro pronto.

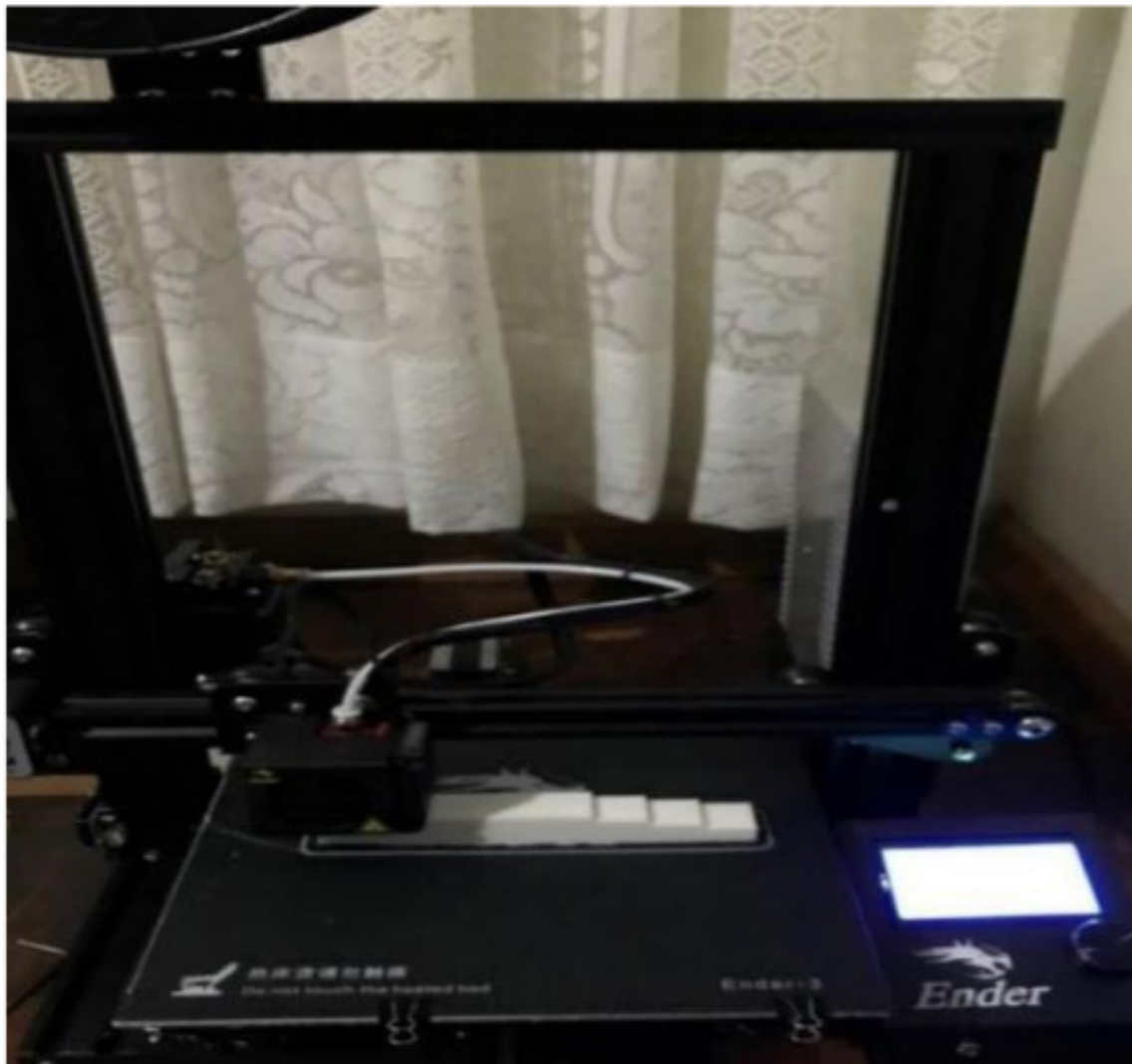


Figura 5 – Produção do penetrômetro.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

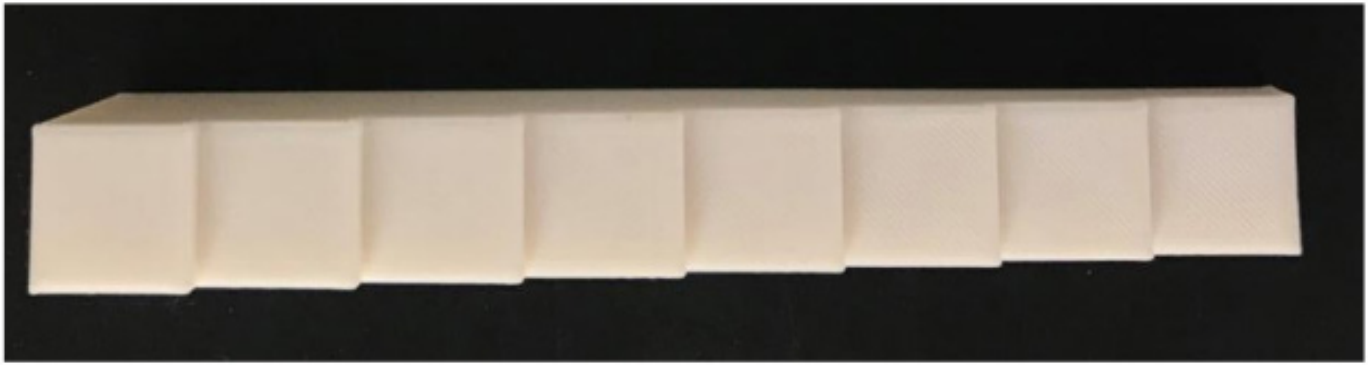


Figura 6 – Penetrômetro pronto, confeccionado com material PLA.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

CONSTRUÇÃO DO PHANTOM

Phantoms são instrumentos utilizados para simulação de órgãos e tecidos do corpo humano em radiologia, com finalidade de realizar testes para calibrar o equipamento (THOMPSON, 2013).

Para a confecção do mesmo, foi utilizado o programa *3D Builder* com especificações pré-definidas, conforme figura 7, para realizar a base do *phantom* e ajudar o mesmo a sua base para melhorar a qualidade da impressão.

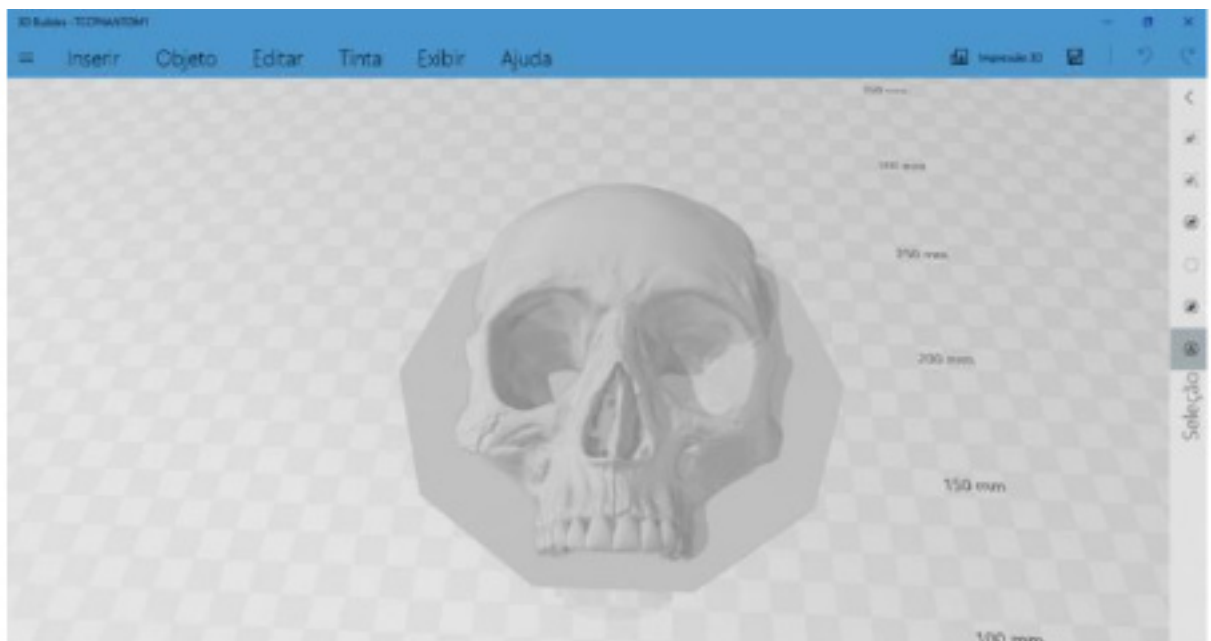


Figura 7: Programa *3D Builder*.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

Com o programa *Cura* para fatiamento e configurações do molde do crânio, como a espessura, tamanho, largura e o tempo estimado para o término da construção, conforme a figura 8. O tempo de produção dele foi de um dia, oito horas e vinte e três minutos e utilizando 310 gramas da matéria prima.

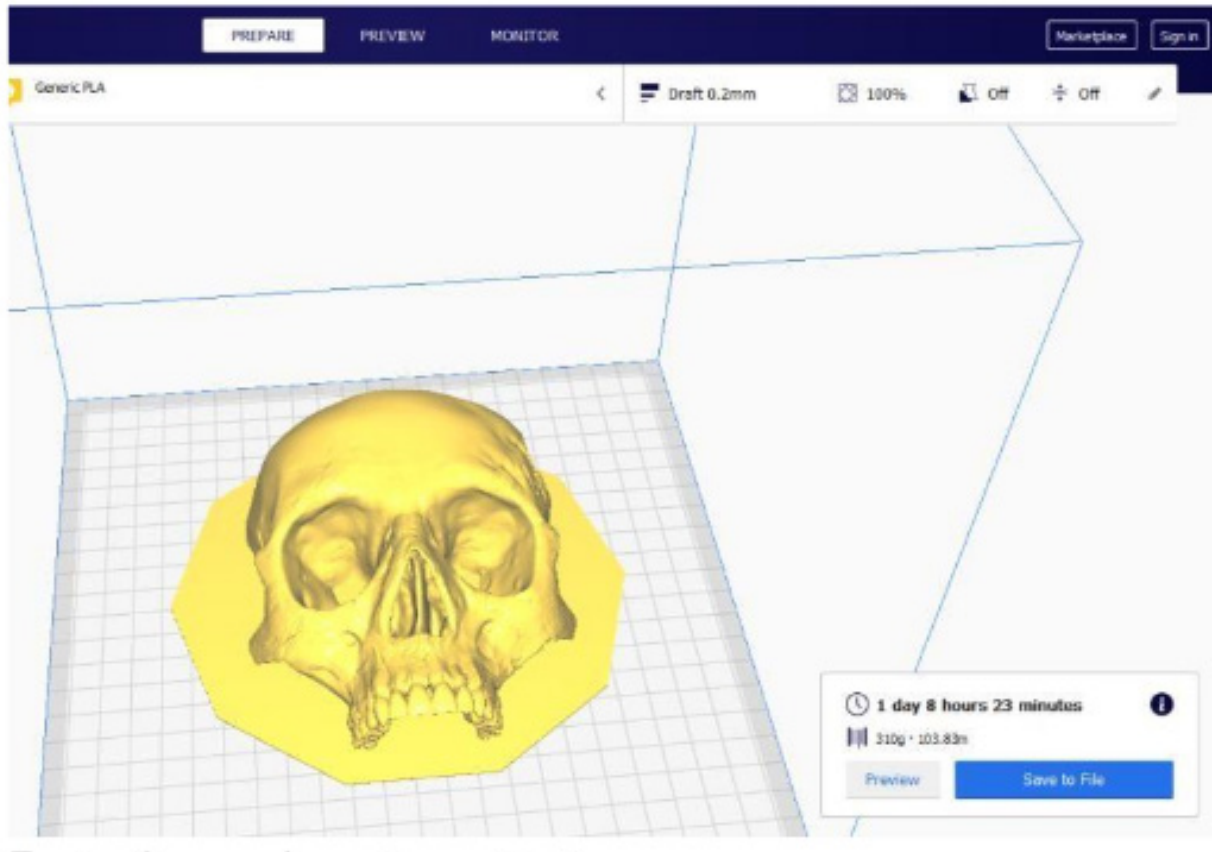


Figura 8: Programa Cura, com o Phantom pronto para impressão.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

Utilizando a impressora *Creativity Ender 3 Pro*, de acordo com a figura 9, a temperatura da mesa em 60 °C e o bico da extrusora em 200 °C. A temperatura do bico da extrusora e a mesa aquecida adequadamente tornam a qualidade da impressão melhores.



Figura 9: Display da impressora *Creality Ender 3 Pro*, com todos os parâmetros para a impressão do *Phantom*.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

Utilizando o penetrômetro, realizamos a construção do *phantom*, que possui 12 cm de altura, 10 cm de largura e com a espessura preenchida em 100% de PLA, como apresenta a figura 10:



Figura 10: *Phantom*, visão anterior.

Fonte: Acervo das autoras, 2019.

Em seguida foram realizadas as radiografias do *phantom* e do penetrômetro, conforme a figura 11, ambas foram realizadas no mesmo dia para não ocorrer diferença na revelação, incluímos a utilização de Buck com a seguinte técnica mostrada na tabela 2:

| | MA | mAs | kVp |
|----------------|-----------|------------|------------|
| Técnica | 200 | 0.10 | 50 |

Tabela 2 – Técnica radiográfica utilizadas no *phantom* e no penetrômetro.

Fonte: Dados trabalhados pelas autoras (2019).



Figura 11: Radiografia do *phantom* e do penetrômetro, técnica 1.

Fonte: As autoras.

Foi incluída no trabalho uma radiografia anteroposterior de um crânio humano real para realizarmos a comparação entre as densidades, como mostrada a figura 12 abaixo:



Figura 12: Radiografia de crânio humano em AP.

Fonte: Bontrager, 2014.

A densidade óptica encontrada no penetrômetro e no crânio são próximas. De acordo com a escala de contraste, na imagem 15, a quantidade de luz transmitida através da radiografia é determinada pela densidade óptica (DO) do filme (BUSHONG, 2010).

O escuro é numericamente equivalente a uma DO de 3 ou mais, o claro é equivalente a menos de 0,2. Em uma DO de 2, somente 1% de toda a luz passa através do filme (BUSHONG, 2010).

Podemos fazer uma comparação entre as características anatômicas presentes na radiografia do *phantom* e a escala de densidades que pode ser comparada com a escala de densidades do penetrômetro, as regiões que apresentaram uma densidade óptica satisfatória foram: arcada dentária, maxilas, zigomático e osso frontal. E a região que apresentou densidade insatisfatória foi a região ocular.

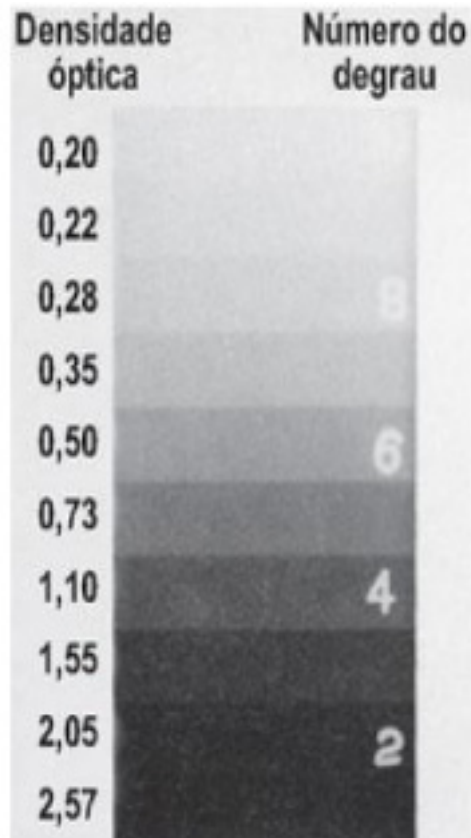


Figura 15 – Escala de contraste da DO, nos filmes radiográficos.

Fonte: Bushong, 2010.

Com base na construção do *phantom* pode-se analisar a tabela 3, relacionada com os custos que foram obtidos com o preço da impressora, a matéria-prima escolhida que foi o PLA e todas as taxas e impostos que foram pagos por ser um produto importado.

| ITENS | QUANTIDADE | VALORES (R\$) |
|---|--------------------|--|
| Matéria-Prima (PLA) | 1 kg, com 1,75 mm. | 195,00 + 4,98 (taxas e frete). |
| <i>Impressora 3d Creality Ender 3 Pro</i> | 1 impressora 3D. | 861,71 + 222,97 + 248,35 (taxas e impostos). |
| TOTAL: R\$ 1533,01 | | |

Tabela 3 – Referente aos custos.

Fonte: As autoras, 2019.

Conferindo o valor total gasto para o desenvolvimento do *phantom* com a impressora 3D e a matéria prima PLA, observa-se que o custo é baixo comparado a um objeto simulador importado que tem um preço variado de US\$ 2,000 a US\$ 30.000.000.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os dados adquiridos na realização do trabalho, é possível concluir que o *phantom* obteve características geométricas similares a anatomia do crânio humano.

O *phantom* antropomórfico teve como finalidade verificar a possibilidade de utilizar a tecnologia de impressão 3D com matéria-prima de baixo custo e fácil acesso de compra em relação aos objetos simuladores importados.

Portanto, é possível utilizar o PLA como material para representação de algumas regiões ósseas, no entanto para outras regiões se faz necessário a realização de mais testes para a obtenção da espessura e densidade adequada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que foi nosso maior alicerce para nos guiar nesse percurso, as nossas famílias, que sempre estão ao nosso lado, a qual é a base de tudo, que tanto amamos. Foram fases difíceis que auxiliaram o nosso crescimento profissional e pessoal, mas tivemos fases extasiantes que nos motivaram a não desistir dos nossos sonhos.

Somos gratas ao orientador Prof. °Msc Fabrício Loreni da Silva Cerutti, co-orientador Leandro Michelis e a professora Jaqueline Aparecida Ribaski Borges, bem como ao todo o corpo docente que nos auxiliaram durante os três anos. Todos os envolvidos nos deram ânimo, coragem e força para nos ajudar a chegar até aqui. Seja com elogios ou advertências que agora entendemos que foi necessário para o nosso crescimento.

O futuro não pertence a nós, os caminhos que teremos que trilhar ainda não sabemos, mas queremos agradecer a todos que acreditaram em nós e que acreditaram que nosso sonho seria possível.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. **Makers: a nova Revolução Industrial**. São Paulo: Elsevier Campus, 2012.

ANDREUCCI, R. **A radiologia Industrial**. São Paulo: Assessoria e Serviços Técnicos LTDA, 2003. 96p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamento e segurança**. Agência nacional de vigilância sanitária. Brasília: ministério da saúde, 2005. 104p.

BONTRAGER, K. Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 8ª ed.,848p.

BUSHONG, S. C. **Ciência radiológica para tecnólogos**. Rio de Janeiro: Elsevier,2010.9ª ed.,728p.

CUNHA, H. A. **Impressoras 3D: o direito da propriedade intelectual precisará alcançar novas dimensões**. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em direito) – Fundação Getúlio

Vargas. Rio de Janeiro, 2013.

FILHO, R. **Desenvolvimento de um objeto simulador antropomórfico de cabeça com dolomita e metilmetacrilato para dosimetria em tomografia computadorizada.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Sergipe. 2016.

GODOY, A. **Diferença entre ABS e PLA.** Disponível em: escoladeimpressao3d.com.br. Acesso em: 13 de abril de 2019.

GORNI, A. **Prototipagem rápida, a revolução 3D.** Plástico industrial, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://goo.gl/qDRQw2>. Acesso em: 12 de abril de 2019.

LOCKER, A. **Creality Ender 3 Pro Review – The Better Ender 3.** Disponível em: <https://all3dp.com/1/creality-ender-3-pro-3d-printer-review/>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

MATSUURA, S. **Brinquedos, carros e casas impressos em 3D.** O globo, Rio de Janeiro, 7 abr. 2013. Disponível em: <https://goo.gl/Ctmm6f>

PORTARIA Nº453, de 01 de junho de 1998. Disponível em: <http://conter.gov.br/site/portarias>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

SILVA, Maria S. R. et al. **Calibração do filme radiocrômico GAFCHROMIC XR-RV2 para Radiologia.** Revista Brasileira de física médica. 2010. Disponível em: <http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/77>. Acesso em: 18 de novembro de 2019.

THOMPSON, L. **Resposta radiológica e dosimetria em Phantom físico de cabeça e pescoço para radioterapia conformacional 3D.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

Fabício Loreni da Silva Cerutti: Coordenador de Curso do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). Professor adjunto do Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO). Tecnólogo em Radiologia pela Universidade Tecnologia Federal do Paraná (UTFPR). Mestre e doutorando em Engenharia Biomédica pelo programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI) da UTFPR. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de diagnóstico por imagem, física médica, controle de qualidade e simulação computacional.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes biológicos 54
Apatita 48, 49, 50, 51, 53
Aprendizado de máquina 32
Arritmia cardíaca 32
Avanço Tecnológico 63

B

Bioatividade 48, 49
Biomaterial 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Bionanocompósitos 19, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 29
Biossegurança 54

C

Cartilagem 5, 7

D

Diagnóstico 2, 32, 43, 44, 45, 46, 47, 64, 81

E

Eletrocardiograma 1, 2, 42
Enfermagem 43, 47, 56, 57, 58, 59, 60, 61
Estrôncio 48, 49

I

Ibuprofeno 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30
Inovação em produtos tecnológicos em saúde 54

L

Liberação controlada 6, 19, 20, 21, 26, 29
Linfoma de Hodgkin 43, 44, 45, 46, 47
Linfonodos 43, 44, 45, 46

M

Magnésio 48, 49
Máquinas de vetor de suporte 32
Montmorilonita 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30
Morfologia Celular 5, 8, 9, 10, 15

N

Neoplasias 43

P

Processamento de sinais 1

Profissionais de saúde 54, 57, 60, 61

Q

Quitosana 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30

R

Radiodiagnóstico 63, 64, 65

S

Simulador 63, 65, 78, 80

Sistemas eletrônicos 54

T

Tecido Ósseo 5, 6, 8, 9, 49

Titânio 48, 49, 50, 53

V

Vizinho mais próximo 32

W

Wavelet 1, 2, 3, 4, 34, 35, 41

