

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ODONTOLÓGICAS

Giuliano Omizzolo Giacomini

**UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D PARA TREINAMENTO DE
TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS ODONTOLÓGICAS**

Santa Maria, RS
2019

Giuliano Omizzolo Giacomini

**UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D PARA TREINAMENTO DE TÉCNICAS
RADIOGRÁFICAS ODONTOLÓGICAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ciências Odontológicas com ênfase em Radiologia Odontológica e Imaginologia**

Orientadora: Prof. Dr^a. Gabriela Salatino Liedke

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Giacomini, Giuliano Omizzolo
UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D PARA TREINAMENTO DE
TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS ODONTOLÓGICAS / Giuliano Omizzolo
Giacomini.- 2019.
41 f.; 30 cm

Orientadora: Gabriela Salatino Liedke
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós
Graduação em Ciências Odontológicas, RS, 2019

1. Impressão Tridimensional 2. Radiografia Dentária.
Ensino. I. Liedke, Gabriela Salatino II. Título.

Giuliano Omizzolo Giacomini

**UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D PARA TREINAMENTO DE TÉCNICAS
RADIOGRÁFICAS ODONTOLÓGICAS**

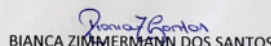
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ciências Odontológicas com ênfase em Radiologia Odontológica e Imaginologia**

Aprovado em 19 de julho de 2019:



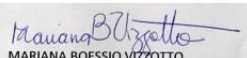
GABRIELA SALATINO LIECKE

Gabriela Salatino Liedke, Prof. Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



BIANCA ZIMMERMANN DOS SANTOS

Bianca Zimmermann dos Santos, Prof. Dr^a. (UFN)



MARIANA BOESSIO VIZZOTTO

Mariana Boessio Vizzotto, Prof. Dr^a. (UFRGS)

Santa Maria, RS.
2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho inicialmente à minha família, meus pais Mauro e Nereida, meu irmão Klaus, meus avós Franciso, Isonia (*in memorian*), Osmar (*in memorian*) e Idalina, que sempre me estimularam a cada passo dado e me ensinaram a importância de cada um destes passos ser guiado por estudo, sabedoria, trabalho e ética. Também, nesse mesmo nível de importância, dedico à minha esposa, Aloma Dalla Lana, que começou uma jornada comigo há alguns anos e sempre foi uma incentivadora de todas as atitudes que viessem a contribuir para o meu crescimento pessoal e profissional. Dedico ainda à Universidade Franciscana (UFN) e à Prof. Dra. Patrícia Pasqualli Dotto, coordenadora do curso de Odontologia da UFN, que abriram portas para eu começar a exercer a mais bela das profissões e me encantar com a docência. Graças a esta maravilhosa oportunidade de ser professor, dedico este trabalho a todos os meus colegas professores, alunos e futuros alunos, que, com certeza, serão beneficiados pelo crescimento técnico-científico e pessoal que a pós-graduação me proporcionou. Dedico também ao Prof. Dr. Gustavo Nogara Dotto, que sempre foi um inspirador entusiasta de inovações e tecnologias e me colocou em primeiro contato com a impressão 3D e a radiologia e imagiologia. Além disso, acredito que sempre devemos dedicar e agradecer a todas as pessoas que nos inspiram e estimulam, principalmente aqueles pelos quais conhecemos como Professor, não devendo esquecer de cada um deles desde o início da nossa formação básica. Por isso, dedico este trabalho a todos os professores que de uma certa forma me inspiraram e ensinaram desde a pré-escola até a pós-graduação e, dentro da Odontologia, eles estão representados, principalmente, pelo Prof. Dr. Jeferson Marchiori e pela Prof. Dra. Márcia Schmitz. Por fim, dedico este trabalho à toda a sociedade de educação e saúde, que necessita cada vez mais do desenvolvimento de trabalhos inovadores, práticos e aplicáveis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo agradecer a minha orientadora Prof. Dra. Gabriela Salatino Liedke pela paciência com meus momentos de questionamentos e falhas, pela sabedoria para me orientar, pela compreensão necessária para entender minhas dificuldades e necessidades e pela confiança no desenvolvimento de um trabalho sob sua orientação. Agradeço também ao laboratório e-Saúde do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), representado na pessoa do Prof. Dr. Gustavo Nogara Dotto, pela parceria para o desenvolvimento das impressões 3D e treinamentos dos softwares com arquivos STL. Agradeço ainda à disciplina de Radiologia Odontológica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, representada pela Prof. Dra. Mariana Boessio Vizzoto pela parceria e disponibilidade com nosso trabalho. Agradeço também à Prof. Dra. Bianca Zimmermann dos Santos, colega de UFN, pela disponibilidade e vontade em fazer parte da banca deste trabalho.

RESUMO

UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D PARA TREINAMENTO DE TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS ODONTOLÓGICAS

AUTOR: Giuliano Omizzolo Giacomini
ORIENTADORA: Gabriela Salatino Liedke

O objetivo do presente artigo é apresentar um modelo 3D impresso desenvolvido para o treinamento das técnicas radiográficas intrabucais. Um arquivo STL de crânio foi manipulado em softwares de segmentação (Meshmixer e Netfabb) e impresso por meio da tecnologia FDM (deposição de material fundido). Os ossos do crânio do protótipo foram impressos separadamente com filamento de PLA (ácido polilático) rígido e unidos por meio de aquecimento e colagem. A mandíbula foi impressa utilizando filamento flexível e articulada ao crânio por meio da fixação do côndilo mandibular à fossa articular do osso temporal com mola e uma estrutura metálica com pino rosqueado. As radiografias intrabucais do protótipo foram realizadas com sensor digital (RVG 5100, Carestream) e o resultado radiográfico do protótipo é apresentado. O custo total para impressão do protótipo foi U\$ 34,00. O filamento de PLA apresentou imagem radiográfica satisfatória para permitir a representação geométrica de cada projeção radiográfica intrabucal. Algumas estruturas anatômicas, como o espaço do ligamento periodontal, o processo zigomático da maxila e a sutura intermaxilar, puderam ser radiograficamente representadas. A utilização da impressão 3D para fabricação de modelos que auxiliem no processo ensino-aprendizagem das técnicas radiográficas intrabucais se apresenta como uma alternativa aos manequins comerciais, aliando qualidade da projeção radiográfica e custo acessível.

Palavras chave: Impressão Tridimensional. Radiografia Dentária. Ensino.

ABSTRACT

3D PROTOTYPING FOR DENTAL RADIOGRAPHIC TECHNIQUES TRAINING

AUTHOR: GIULIANO OMIZZOLO GIACOMINI

ADVISOR: GABRIELA SALATINO LIEDKE

The aim of this article is to present a 3D printed model developed for the training of intraoral radiographic techniques. A skull STL file was manipulated in segmentation software (Meshmixer and Netfabb) and printed by FDM (fused deposition modelling) technology. The prototype skull bones were printed separately, using PLA (polylactic acid) filament, and joined by heating and bonding. The mandible was printed using flexible filament and articulated to the skull by attaching the mandibular condyle to the articular fossa of the temporal bone with a spring and a metal screw. The prototype intra-oral radiographs were performed with a digital sensor (RVG 5100, Carestream). The total cost for prototype printing was \$ 34.00. The PLA filament presented a satisfactory radiographic image to allow the geometric representation. Some anatomical structures, such as the periodontal ligament space, the zygomatic process of the maxilla and the intermaxillary suture, could be radiographically represented. The use of 3D printing to manufacture models that adjuvant in the teaching-learning process of intraoral radiographic techniques is presented as an alternative to commercial manikins, combining radiographic projection quality and affordable cost.

Keywords: Printing, Three-Dimensional. Radiography, Dental. Teaching.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1 Prototipagem 3D	10
2.2 Prototipagem 3D no Ensino da Odontologia	12
3 ARTIGO.....	14
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	36
Anexo A – Normas para submissão no Journal of Dental Education	36

1 INTRODUÇÃO

As mudanças nos sistemas de saúde no mundo, associadas às modificações em metodologias para o ensino em saúde, vêm provocando uma demanda crescente para a realização de treinamentos fora do ambiente clínico. Aliado a isso, a ênfase na segurança dos pacientes tem limitado a presença, e conseqüentemente a experiência, de alunos e profissionais novatos em procedimentos clínicos, sendo necessário o desenvolvimento de estratégias para treinamento que não envolvam pacientes (BADASH I et al, 2016). Em odontologia, estas preocupações também são discutidas e, considerando a radiologia odontológica, por exemplo, é recomendado realizar o treinamento das técnicas radiográficas em manequins específicos, visto o risco biológico da exposição aos raios-X (Portaria 453, ICRP 2007).

Nessa perspectiva, a necessidade de ambientes clínicos realistas e reproduzíveis para treinamento, simulação e desenvolvimento de sistemas de orientação motiva a fabricação de modelos anatômicos realistas para auxiliar na orientação nos processos de aprendizagem (CHAN HHL et al, 2015). A utilização de modelos 3D como auxiliares no processo ensino-aprendizagem oferece maneiras alternativas de adquirir habilidades e possibilita a criação de ambientes realistas e um maior aproveitamento do aluno, sem restrições de horas de trabalho e de exposição clínica a procedimentos, o que poderia ser um complicador. (CHAN HHL et al, 2015). Ao trabalhar com simuladores os alunos podem, repetidamente, praticar técnicas e gerir complicações até conseguirem experiência na realização do procedimento simulado, da mesma forma que podem reforçar conhecimentos de anatomia (BADASH I et al, 2016).

A prototipagem rápida é um meio para obtenção de modelos 3D de pacientes, reproduzindo órgãos, sistemas e regiões anatômicas, ou objetos (BADASH I et al, 2016). Com mais evidências apoiando os benefícios e a precisão da prototipagem rápida, é possível que os modelos 3D sejam rotineiramente impressos para planejar e melhorar o resultado dos procedimentos que serão realizados em pacientes (BADASH I et al, 2016). Nesse contexto, alguns estudos sugeriram a utilização de modelos 3D para o estudo de regiões anatômicas complexas e treinamento de

técnicas cirúrgicas delicadas (LAMBRECHT et al, 2009; CHEUNG, 2014; COHEN, 2015; LONGFIELD, 2015; MOWRY, 2015; SHELLEY, 2015).

Em Odontologia, o ensino das técnicas radiográficas tem um papel fundamental na formação do futuro cirurgião-dentista, evidenciando-se que o aluno deve saber indicar e realizar técnicas radiográficas intrabucais, bem como interpretá-las e ter o conhecimento da anatomia, alterações, patologias e de possíveis erros do exame (SCHRANK e FONTANELLA, 2014). Entretanto, os manequins disponíveis para treinamento são, na maioria das vezes, caros e representativos de apenas um tipo de paciente padrão, sendo que na prática clínica os profissionais deverão encontrar variações de anatomia e alterações patológicas para as quais não foram treinados na realização das radiografias.

Assim, imagina-se que o processo de ensino-aprendizagem das técnicas radiográficas também possa ser beneficiado com a utilização dos modelos 3D prototipados. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a prototipagem como uma metodologia para o processo de ensino-aprendizagem para a construção de um modelo 3D para ser utilizado no treinamento das técnicas radiográficas odontológicas intrabucais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dentro das perspectivas educacionais, o treinamento por simulação é considerado uma técnica educativa que permite o desempenho interativo do aluno em um ambiente que recria ou replica cenários clínicos reais (MONTBRUN SL & MACRAE H, 2012). A utilização de protótipos realistas destaca a possibilidade de ilustrar modelos precisos de anatomia, capazes de servir como auxiliares visuais para treinamento e planejamento, exaltando o benefício potencial para a educação e a prática clínica, como foi demonstrado em alguns estudos para treinamento e planejamento cirúrgico (CHAN HHL, 2015; ANDERSON JF, 2015).

2.1 Prototipagem 3D

A prototipagem rápida 3D é uma técnica para obtenção de modelos reais a partir de dados tridimensionais digitais e os processos utilizados para isso se baseiam em dados originados de sistemas CAD-3D modelados por superfícies ou sólidos. Os arquivos precisam ser reformatados e convertidos para um formato de arquivo padrão utilizado nos processos de prototipagem – o STL (STereoLithography/Standard Triangle Language) – representado por um modelo com malhas de triângulos não-uniformes. (MEURER MI, 2008)

O arquivo STL deve então ser manipulado para a correção de eventuais inconsistências na superfície, após essa etapa, o modelo virtual STL é refatiado em camadas paralelas para permitir a construção do protótipo. Para a impressão do protótipo, este arquivo é transmitido, via computador ou mídias como cartões de memórias (*s-card*) e *pen drives*, à impressora 3D ou à estação de usinagem. (MEURER MI, 2008).

A nova geração de impressoras 3D expandiu o processo de confecção dos modelos, tornando-o rápido e econômico (ANDERSON JF, 2015; DAWOOD A, 2015; OLZEWSKI R, 2014). A impressão 3D possibilita, então, a obtenção precisa de formas geométricas complexas a partir de dados digitais, em uma variedade de materiais, com produção local pessoal ou em centros industriais (DAWOOD, 2015).

Atualmente estão disponíveis cinco processos para impressão dos modelos 3D por meio da prototipagem rápida: estereolitografia (SLA), modelagem por fusão e

deposição (FDM), sinterização de laser seletivo (SLS), impressão tridimensional (3D print) e impressão por jatos de camadas de fotopolímero (Polyjet), cada um com suas vantagens e desvantagens, conforme o Quadro 1.

Com relação aos materiais utilizados para a confecção dos modelos, no processo de SLA podem ser utilizadas Resinas Fotossensíveis, para a FDM são utilizados ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene – Acrilonitril Butadieno Estireno*), PLA (*Polyactic Acid – Ácido Polilactico*) e Nylon, no SLS são utilizados Nylon, Poliestirenos, Poliuretano Termoplástico e Metal, nas 3d printers são utilizados filamentos de ABS e PLA e para a impressão Polyjet o material de escolha são fotopolímeros (MEURER MI, 2008).

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens dos diferentes processos de prototipagem 3D

PROCESSO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
SLA (Estereolitografia)	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão dimensional Possibilidade de visualização de estruturas internas Excelente reprodução de estruturas finas Apresenta textura superficial lisa Pouca deformação 	<ul style="list-style-type: none"> Apesar de ser resistente à distorção, sofre fraturas repentinas Espessura mínima de camada de 5mm Alto custo
FDM (Deposição de Material Fundido)	<ul style="list-style-type: none"> Boa precisão dimensional Boa reprodução de estruturas finas Mecanicamente pode ser rígido ou flexível 	<ul style="list-style-type: none"> Sofre deformação gradual Baixa velocidade de construção Custo médio
SLS (Sinterização à Laser Seletivo)	<ul style="list-style-type: none"> Boa precisão dimensional Excelente reprodução de estruturas finas Esterilizável em autoclave Mecanicamente pode ser rígido ou flexível 	<ul style="list-style-type: none"> Sofre deformação gradual Alto custo
3D print	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidade de construção Possibilidade cores diferentes para cada corte Facilidade de corte Precisão dimensional razoável Baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> Libera pó se cortada Apresenta porosidade superficial
Polyjet	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão demensional Excelente reprodução de estruturas finas 	<ul style="list-style-type: none"> Custo elevado

2.2 Prototipagem 3D no Ensino da Odontologia

Diversos estudos têm sugerido a utilização de modelos 3D para o estudo de regiões anatômicas complexas e treinamento de técnicas para realização de procedimentos nas áreas da saúde (LAMBRECHT, 2009; CHEUNG, 2014; COHEN, 2015; LONGFIELD, 2015; MOWRY, 2015; SHELLEY, 2015).

Nesse contexto, os professores de odontologia são os responsáveis por desenvolver requisitos para o treinamento psicomotor de seus alunos durante as fases de educação pré-clínica, mais do que isso, devem utilizar estratégias inovadoras, que são necessárias, para facilitar e motivar o ensino de seus alunos, possibilitando inclusive maior segurança ao mesmo (CANTÍN, 2015).

Além disso, para o ensino em odontologia, tanto a nível nacional quanto a nível internacional, as necessidades e as novidades observadas como tecnologias e aprimoramento do ensino consistem na busca por participação ativa do aluno, assim como, a necessidade por otimização de recursos e cuidados em saúde devem estar entre as preocupações (SCHRANK e FONTANELLA, 2014).

Devemos considerar ainda que, de acordo com regulamentações nacionais e internacionais, o uso de modelos tridimensionais sintético é preferível na medida em que evita considerações associadas com espécimes biológicos e questões legais e éticas, como a exposição desnecessária de indivíduos aos raios-X (PORTARIA 453, ICRP 2007).

Com relação à utilização da prototipagem na Odontologia, alguns estudos já demonstraram a validade destes modelos 3D. O trabalho de Dawood e colaboradores (2015) referenciou as diversas aplicabilidades deste recurso em odontologia, inicialmente verificadas nos protótipos para planejamentos de cirurgias bucomaxilofaciais e desenvolvimento de guias de inserção, e posteriormente o uso desta tecnologia para o desenvolvimento de estruturas para próteses fixas e preparos de restaurações (DAWOOD, 2015). Em ortodontia, foi observada sua utilidade para o planejamento e o desenvolvimento de modelos de estudo; na implantodontia, além da utilização dos guias cirúrgicos impressos, já se verifica o desenvolvimento de implantes prototipados (DAWOOD, 2015).

No que tange ao ensino da odontologia, foi proposto o desenvolvimento e utilização de protótipos tridimensionais para o treinamento pré-clínico dos acadêmicos para aberturas de lesões de cárie, preparos para restaurações, proteções pulpares e preparos para coroas protéticas (BOONSIRIPHANT, 2018; HÖHNE, 2019), bem como para a realização de cursos *hands on* de técnicas restauradores a partir de situações que simulem condições reais de pacientes (KRÖGER, 2016). Além destes, outro estudo desenvolveu macromodelos tridimensionais de dentes permanentes para o ensino da anatomia dentária (CANTÍN, 2015).

Considera-se, também, que o uso de modelos 3D no ensino salienta a necessidade da verificação e validação deste processo para avançar cada passo no desenvolvimento das relações de estudo e planejamento (CHAN, 2015). O próximo desafio é não visualizar a impressão 3D como uma nova ferramenta substituta para as metodologias já utilizadas, mas interpretá-la como uma tecnologia complementar que nos permitirá ser mais criativos, desenvolver novos materiais e procedimentos mais previsíveis, menos invasivos e menos dispendiosos (DAWOOD, 2015).

3 ARTIGO

Esta dissertação está apresentada em formato de artigo científico, de acordo com as normas do periódico Journal of Dental Education. As normas para publicação estão no Anexo A.

3D PRINTING FOR TEACHING-LEARNING ORAL RADIOLOGY

Giuliano O. Giacomini, Gustavo N. Dotto, Gabriela S. Liedke

Giuliano O. Giacomini, Gustavo N. Dotto and Gabriela S. Liedke contributed equally to this article. Giuliano O. Giacomini is Assistant Professor, School of Dentistry, Universidade Franciscana, Santa Maria, RS, Brazil and Master's Student, Postgraduate Program in Dental Sciences, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil; Gustavo N. Dotto is Head of GEP e-Health Unit, University Hospital of Santa Maria, PhD. Gabriela S. Liedke is Adjunct Professor, Department of Stomatology, Federal University of Santa Maria, PhD. Correspondence to Giuliano O. Giacomini, Universidade Franciscana, Rua dos Andradas 1614, RS, 97010-032, Brazil; giulianoog@gmail.com.

ABSTRACT

The aim of this study is to present a 3D printed skull model created for use in preclinical intraoral radiographic practice. An STL file of a skull was edited using two segmentation software (Meshmixer and Netfabb), and printed using FDM (fused deposition material) technology and PLA (polylactic acid) filament. The printed skull bones were attached and the mandible was articulated to the articular fossa of the temporal bone. Intraoral radiographs were taken using a digital sensor (RVG 5100, Carestream). The total cost of the printed prototype was \$34.00. The PLA filament showed satisfactory radiographic appearance, allowing good geometric representation of each intraoral radiographic projection. Some anatomical structures, such as the periodontal ligament space, zygomatic process of the maxilla, and intermaxillary suture, were represented. The use of 3D printed models is presented as an alternative to artificial commercial phantoms for the teaching and learning process of intraoral radiographic techniques, combining the quality of the radiographic projection and an affordable price.

Keywords: 3D Printing, dental radiography, dental education

INTRODUCTION

Healthcare programs and education systems, concerned with patient safety, have limited the presence of novice students in clinical facilities, which, in turns, reduce experience and practice.¹ From this perspective, the development of new training strategies that do not involve patients, but simulate realistic clinical environments and reproducible models for the training of procedures, may help in the teaching and learning process.^{1,2} When practicing with simulators, students can repeatedly perform a procedure, face and manage complications, enhance knowledge, and improve confidence to work.¹

In dentistry, the teaching and learning process of intraoral radiographs plays a key role for the future dental surgeon. These radiographs are often performed for the diagnosis and follow-up of patients, and, although the individual dose of the examination is very low, the International Commission on Radiological Protection points to the stochastic risk of X-ray to health, particularly in relation to pediatric patients.^{3,4} In this sense, radiographic training is mandatory, and should be performed on specific phantoms to avoid unjustified exposure of patients and students to X-rays.⁴

Rapid prototyping is a technique used to obtain real models from volumetric (3D) data. The digital STL (Standard Triangle Language) file allows for both data manipulation and 3D printing. 3D prototyping allows you to quickly and affordably obtain realistic high-quality models for use in preclinical activities, increase the number of student training hours and avoid the use of rare anatomical parts.^{2,5} Several advantages, such as cost and accuracy, support the use of 3D prototyping as a teaching aid in dentistry (Table 1).⁶⁻¹⁴

Therefore, in this context, it is thought up that 3D prototyping could also benefit the teaching and learning process of intraoral radiographic techniques. The student must understand the geometric factors associated with radiographic image projection, while identifying anatomical structures in the image. Thus, the aim of this study is to present a 3D printed skull model created for use in preclinical intraoral radiographic practice.

MATERIAL AND METHODS

The institution's Research Committee (No 050178) approved this project. An STL file of a skull from the Grabcad (<https://grabcad.com/library/human-skull-1>) was used to manufacture the prototype. The chosen STL file is available at a freely accessible electronic website, licensed under the license Attribution-ShareAlike (CC BY-AS).

The STL file was imported to Meshmixer (Autodesk Inc., San Rafael, CA, USA) and NetFabb (Autodesk Inc., San Rafael, CA, USA) for the manipulation, segmentation of teeth and bones, and adjustments of size and shape. Each segmented file was saved individually and sent to the Cliever Studio software (Cliever, Porto Alegre, Brazil) for printing on the CL2 Pro (Cliever, Porto Alegre, Brazil) and CL2 Pro Plus (Cliever, Porto Alegre, Brazil) printers using FDM (Fused Deposition Material) technology. The material used to print the bone and dental structures was the rigid PLA (polylactic acid) filament (PLA-Cliever Filament, Porto Alegre, RS, Brazil); a flexible filament (Flex-Cliever Filament, Porto Alegre, RS, Brazil) was used to print the mandible and the maxilla. The configuration of the print layers in the Cliever Studio program was planned according to the amount of support

and the possibility of a greater number and thickness of layers, which was seen to provide a proper radiographic image; however, those parameters are not fixed and could be modified according to the desired characteristics of the 3D model. Approximately 278 meters of filament were used to print the prototype, with a total printing time of 24 hours and a total cost of \$34.00.

After the printing process, each segment was removed from the support material, making the skull cavities (facial sinuses, orbits and nasal fossa) clear. The segments were united by the heating of the parts in water at 70°C and the addition of liquid cyanoacrylate glue (Almata Química, Curitiba, PR, Brazil) (Figure 1). The articulation of the mandible with the skull was achieved using two screws, one fixed to the mandibular condyle and the other fixed to the temporal bone of the articular fossa, and an elastic spring metal coil in between (Figure 2). All steps, from digital file manipulation to prototype manufacturing were performed by the same single operator, totaling 30 working hours.

Radiographs were taken with a digital sensor (RVG 5100; Carestream Health, Rochester, NY) and an intra-oral device (Gnatus Timex 70E-70 kVp, 7mA, 0.2s) (Figure 3). Periapical and bitewing x-rays were taken from each dental region comprising 10 views. All radiographs were performed by the same experienced operator. The radiographs were evaluated in relation to the geometric projection of each region and to the representation of anatomical structures.

RESULTS

The prototype allowed obtaining good radiographic images of each anatomical region, taking into account the geometric projection of the intraoral radiographs

(Figure 4). Teeth and bones were well represented and identified in the images. As for the radiographic appearance of the material used for 3D printing (PLA), a honeycomb aspect was observed, probably due to the deposition pattern of the PLA filament. Although this honeycomb image is not consistent with the dental tissues of a real patient, the trabecular bone could be characterized. In addition, some anatomical structures, such as the periodontal ligament space, the intermaxillary suture, the maxillary tuberosity and the zygomatic process of the maxilla, have been identified.

DISCUSSION

Teachers are responsible for assisting in the psychomotor qualification of dental students during the preclinical learning process, and are encouraged to use creative methods to promote and inspire education.⁶ In this context, simulation learning is a methodology of education which includes participants in actual recreated and replicated medical scenarios.¹⁵ Some researchers suggested the use of 3D models for the study of anatomical regions and for training clinical and surgical procedures, avoiding the use of biological specimens and legal and ethical issues.^{5,16-20}

In dentistry, the use of prototypes for planning and learning has already been tested in the fields of oral maxillofacial surgery and traumatology, orthodontics, dentistry, dentistry and prosthesis as well as dental and oral maxillofacial prosthesis.^{10, 21, 22} Dental radiology is a field that could also benefit from prototyping, given the need of phantoms to learn radiographic techniques, avoiding unjustified X-ray exposure and recurrent examinations.⁴ In this context, this paper presents the use of low-cost 3D printing as a practical method for learning intraoral radiographic

techniques. Commercial X-ray manikins are expensive, ranging from \$2.000,00 (artificial phantoms, with no representation of anatomical structures) to \$5.000,00 (phantoms made from real human skulls). In addition, commercial mannequins wear out over time, requiring the replacement of pieces that are also expensive. Otherwise, 3D printing makes it easier to replace lost or damaged pieces.

The radiopacity of the material used for 3D printing was the major sought feature for the printed model produced in this research. The radiopacity of prototypes was already observed by Reymus et al.,¹³ but those authors printed and analyzed each tooth as isolated structures. It was therefore important that the 3D model from the present study was representative of the dental tissues and of the bone structures of the maxillomandibular complex as a whole. The radiographs performed on the prototype showed some anatomical structures, such as the periodontal ligament space and the trabecular bone, as appropriate. In addition, the prototype provided for the geometric projection required to perform intraoral radiographic techniques, which are fundamental for the clinical practice of the student and future dental surgeon.

The quality of 3D printing, in terms of detail reproduction and surface roughness, is directly related to the printing process and to the material used, but, irrespective of the chosen method, dimensional accuracy of the final 3D model is similar.^{21,23} In this context, the FDM printing process and the PLA filament used in our research has advantages over other 3D printing techniques, such as low cost and compatibility with dental materials.²⁴ Furthermore, the number and the thickness of the PLA layers can be managed as appropriate. Therefore, the PLA prototype could be printed with a larger number of layers, which would increase surface smoothness,

physical details reproduction, and the radiopacity of the model, depending on the teaching requirements.

Digital manipulation of the STL file also presents the possibility of including anatomical variations and pathologies in the 3D printed model. In this way, the student is presented with a wider range of clinical changes, placing him/her in a situation closer to reality. It should be remembered that one of the main challenges faced by students during their practice is the treatment of pediatric patients. A recent study, created pediatric prototypes for learning and teaching strategies, and the study models were compared to conventional pediatric models. Student impressions were verified against this comparison and, despite the lack of variations between the models, 3D printing had the benefit of considering the possibility of developing different dental structures and modifications with better representation of children's models.¹² Therefore, the possibility of manufacturing a model that represents a patient with deciduous and mixed dentition may benefit Oral Radiology teaching and learning process, enhancing students' confidence and children safety with respect to X-ray exposure during radiographic examination.

To our knowledge, this was the first article to present 3D printing to create a model for intraoral radiographic techniques teaching. The execution of all steps for the prototype production of this study was performed by a single operator, without depending the involvement of industrial production or third parties. Finally, the radiographs obtained from this prototype were taken by an experienced examiner, and, thus, its use to undergraduate dentistry students has not yet been evaluated.

CONCLUSION

The use of prototyping for the manufacture of 3D models in PLA presents itself as an affordable alternative for the training of intraoral radiographic techniques, combining the quality of the radiographic projection and the low cost of teaching using FDM printers.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Laboratory of the e-Health Unit of the University Hospital of Santa Maria (HUSM), for the use of 3D printers.

DISCLOSURE

The authors reported no conflicts of interest.

REFERENCES

1. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future technologies. *Ann Transl Med* 2016;4(23):453.
2. Chan HHL, Siewerdsen JH, Vescan A, Daly MJ, Prisman E, Irish JC. 3D Rapid Prototyping for Otolaryngology—Head and Neck Surgery: Applications in Image-Guidance, Surgical Simulation and Patient-Specific Modeling. *PLoS ONE* 2015;10(9):e0136370.
3. European Commission. European guidelines on radiation protection in dental radiology: The safe use of radiographs in dental practice. Radiation Protection 136 European Communities, 2004.
4. International Commission on Radiological Protection(ICRP). The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection 2007.
5. Cohen J, Reyes SA. Creation of a 3D printed temporal bone model from clinical CT data. *Am J Otolaryngol* 2015;36:619–24.
6. Cantin M, Muñoz M, Olate S. Generation of 3D tooth models based on three-dimensional scanning to study the morphology of permanent teeth. *Int J Morphol* 2015;33(2):782-87.
7. Chen S, Pan Z, Wu Y, Gu Z, Li M, Liang Z, et al. The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. *Scientific Reports* 2017;7: 575:1-11.
8. Fiorenza L, Yong R, Ranjitkar S, Hughes T, Quayle M, McMenemy PG, et al. Technical note: The use of 3D printing in dental anthropology collections. *Am J Phys Anthropol* 2018;167:400–06.

9. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ* 2017;21:119–25.
10. Boonsiriphant P, Al-Salihi Z, Holloway JA, Schneider GB. The Use of 3D Printed Tooth Preparation to Assist in Teaching and Learning in Preclinical Fixed Prosthodontics Courses. *Journal of Prosthodontics* 2019;28(2):e545-e47.
11. Höhne C, Schmitter M. 3D Printed Teeth for the Preclinical Education of Dental Students. *J Dent Edu.* 2019;JDE-019:e1-e7.
12. Marty M, Broutin A, Vergnes J-N, Vaysse F. Comparison of student's perceptions between 3D printed models versus series models in paediatric dentistry hands-on session. *Eur J Dent Educ* 2019;23:68-72.
13. Reymus M, Fotiadou C, Hickel R, Diegritz C. 3D-printed model for hands-on training in dental traumatology. *Int Endod J* 2018;51(11):1313-19.
14. Reymus M, Fotiadou C, Kessler A, Heck K, Hickel R, Diegritz C. 3D printed replicas for endodontic education. *Int Endod J* 2019;52(1):123-30
15. Montbrun SL de, MacRae H. Simulation in Surgical Education. *Clin Colon Rectal Surg* 2012;25(03):156–165.
16. Lambrecht JTh, Berndt DC, Schumacher R, Zehnder M. Generation of three-dimensional prototype models based on cone beam computed tomography. *Int J CARS* 2009;4(2):175–180.
17. Cheung CL, Looi T, Lendvay TS, Drake JM, Farhat WA. Use of 3-Dimensional Printing Technology and Silicone Modeling in Surgical Simulation: Development and Face Validation in Pediatric Laparoscopic Pyeloplasty. *J Surg Educ* 2014;71(5):762-67.

18. Longfield EA, Todd MB, Jeyakumar A. 3D Printed Pediatric Temporal Bone: A Novel Training Model. *Otol Neurotol* 2015;36(5):793-95.
19. Mowry SE, Jammal H, Myer C 4th, Solares CA, Weinberger P. A Novel Temporal Bone Simulation Model Using 3D Printing Techniques. *Otol Neurotol*. 2015;36(9):1562–65.
20. Shelley AM, Ferrero A, Brunton P, Goodwin M, Horner K. Impact of CBCT imaging when placing dental implants. *Dentomaxillofac Radiol* 2015;44(4): 20140316
21. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *BDJ* 2015;219(11):521-29.
22. Soares PV, de Almeida Milito G, Pereira FA, Reis BR, Soares CJ et al. Rapid prototyping and 3D-virtual models for operative dentistry education in Brazil. *J Dent Educ* 2013;77(3):358-63.
23. Olszewski R, Szymor P, Kozakiewicz M. Accuracy of three-dimensional, paper-based models generated using a low-cost, three-dimensional printer. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42(8):1847-52.
24. Kamio T, Hayashi K, Onda T, Takaki T, Shibahara T, Yakushiji T, et al. Utilizing a low-cost 3D printer to develop a “one-stop 3D printing lab” for oral and maxillofacial surgery and dentistry fields. *3D printing in Medicine* 2018; 4(1):6.

TABLES AND FIGURES



Figure 1: Prototype printed in PLA.



Figure 2: articulation the mandible with the skull.

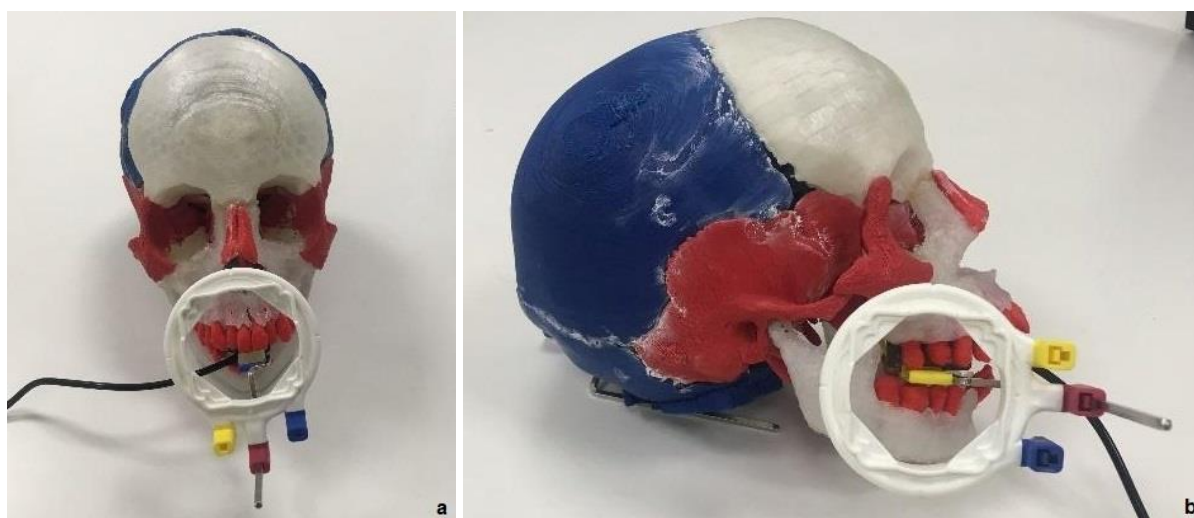


Figure 3: digital sensors positioned for intraoral radiographs. a) positioned for periapical radiographs of anterior maxillary teeth; b) positioned for bite-wing technique

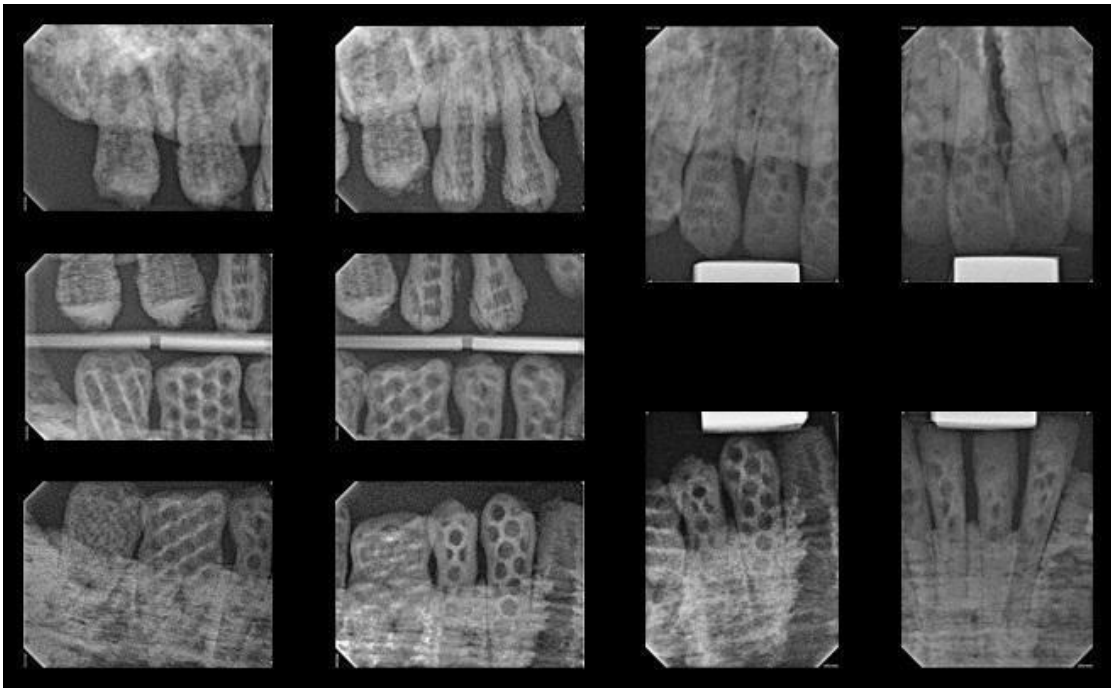


Figure 4: Radiographs projections obtained on the prototype.

Table 1: Characteristics of studies that used 3D printing in the teaching-learning process of dentistry.

Author	Year	Printed Object	Printig Features	Comparison Group	Conclusion
Cantín et al.	2015	Dental Macro	N.S.	Unrealized	Replacement to use extracted teeth for teaching dental anatomy
Chen et al.	2017	Skulls	FDM; PLA	Real Human Skulls and Anatomy Atlas	Students who used the prototypes performed better in the tests.
Fiorenza et al.	2017	Digitized dental arch models	SLA, FDM, binder-jetting material-jetting	Original dental arch models	3D print quality has good accuracy and detail reproducibility
Kröger et al.	2017	Models of patients with prosthetic situations	Polyjet	Unrealized.	The possibility and variety of preclinical or hands-on training has been large applicable to 3D models.
Boonsiriphant et al.	2018	Models of ideal prosthetic preparations.	Light Curing Resin	Unrealized	Replacement to use extracted teeth
Reymus et al.	2018	Real models from CBCT of patients with dental fractures	SLA	Unrealized	Training possibilities for specific dental treatments
Höhne e Schmitter	2019	Teeth with carious lesions and cavities.	Light Curing Resin	Standard Prepared Models and Real Prepares	Prototyped teeth have many qualities to aid in student training.
Marty et al.	2019	Simulation models of dental structures and injuries.	Light Curing Resin	Standard Reference Models	Students showed preference for 3D models and the possibility of model modifications being appreciated.
Reymus et al.	2019	3D replicated teeth for endodontic training.	SLA	Original teeth that have been replicated	The replicas presented quality for the development of the training and the students were favorable to its use.

Note: N.S., not shown; PLA, polylactic acid; FDM, fused deposition material; SLA, stereolithography;

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após demonstração de todo o potencial e utilidade verificado para a utilização de protótipos tridimensionais em odontologia, lançar mão deste recurso como uma estratégia inovadora e financeiramente acessível para o ensino em odontologia se apresenta como um adicional. Dessa forma, este trabalho utilizou a prototipagem 3D como um aliado ao ensino, devido ao seu caráter inovador e prático, e às instituições de ensino, devido ao seu custo. Devemos considerar também que, apesar de não apresentar o melhor detalhamento das características dentárias e ósseas nas imagens radiográficas geradas, a proposta se constitui em usabilidade, levando ao aluno um recurso de fácil manuseio e que possa ser interpretado por ele como um simulador de uma situação clínica. Além disso, por ter sido impresso com estruturas que simulam os ossos do crânio e da face, a utilidade do protótipo ultrapassa o limite de simplesmente treinamento radiográfico, como também pode ser utilizado durante aulas de anatomia e anatomia radiográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDAADAA A, OWJI N, KNOWLES J. Three-dimensional Printing in Maxillofacial Surgery: Hype versus Reality. *Journal of Tissue Engineering*. 2018;9:1-5.

ANDERSON J.R.; THOMPSON W.L.; ALKATTTAN A.K.; DIAZ O.; KLUCZNIK R; ZHANG Y.J. et al. Three-dimensional printing of anatomically accurate, patient specific intracranial aneurysm models. *J NeuroIntervent Surg* 2016;8:517–520.

BADASH I.; BURTT K.; SOLORZANO C.A.; CAREY J.N. Innovations in surgery simulation. *Ann Transl Med*. 2016;4(23):453.

BOONSIRIPHANT P.; AL-SALIHI Z.; HOLLOWAY J.A.; SCHNEIDER G.B. The Use of 3D Printed Tooth Preparation to Assist in Teaching and Learning in Preclinical Fixed Prosthodontics Courses. *Journal of Prosthodontics*. 2018:1-3.

BRASIL, Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde – Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998.

CANTIN M.; MUÑOZ M.; OLATE S. Generation of 3D tooth models based on three-dimensional scanning to study the morphology of permanent teeth. *Int. J. Morphol*. 2015;33(2):782-787.

CHAN H.H.; SIEWERDSEN J.H.; VESCAN A.; DALY M.J.; PRISMAN E.; IRISH J.C. 3D Rapid Prototyping for Otolaryngology—Head and Neck Surgery: Applications in Image-Guidance, Surgical Simulation and Patient-Specific Modeling. *PLOS ONE*. 2015 Sep 2;10(9):e0136370.

CHEN S.; PAN Z.; WU Y.; GU Z.; LI M.; LIANG Z. et al. The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. *Scientific reports*. 2017;7.1: 575.

CHEUNG C.L.; LOOI T.; LENDVAY T.S.; DRAKE J.M.; FARHAT W.A. Use of 3-Dimensional Printing Technology and Silicone Modeling in Surgical Simulation: Development and Face Validation in Pediatric Laparoscopic Pyeloplasty. *J Surg Educ*. 2014 Sep-Oct;71(5):762-7.

COHEN J.; REYES S.A. Creation of a 3D printed temporal bone model from clinical CT data. *American Journal Of Otolaryngology – Head And Neck Medicine And Surgery*. 2015;36:619 – 624.

DAWOOD A.; MARTI B.; SAURET-JACKSON V.; DARWOOD A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015 Dec;219(11):521-9.

EUROPEAN COMMISSION. European guidelines on radiation protection in dental radiology: The safe use of radiographs in dental practice. Radiation Protection 136. European Communities, 2004.

FIORENZA L.; YONG R.; RANJITKAR S.; HUGHES T.; QUAYLE M.; MCMENAMIN P.G. et al. Technical note: The use of 3D printing in dental anthropology collections. *Am J Phys Anthropol.* 2018;167:400–406.

HÖHNE C.; SCHMITTER M. 3D Printed Teeth for the Preclinical Education of Dental Students. *J of Dental Education.* May 2019:e1-e7.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 2007.

KAMIO T.; HAYASHI K.; ONDA T.; TAKAKI T.; SHIBAHARA T.; YAKUSHIJI T. et al. Utilizing a low-cost 3D printer to develop a “one-stop 3D printing lab” for oral and maxillofacial surgery and dentistry fields. *3D printing in Medicine.* 2018; 4(1):6.

KRÖGER E.; DEKIFF M.; DIRKSEN D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ* 2017; 21:119–125.

LAMBRECHT J.TH.; BERNDT D.C.; SCHUMACHER R.; ZEHNDER M. Generation of three-dimensional prototype models based on cone beam computed tomography. *Int J CARS.* 2009;4:175–180.

LONGFIELD E.A.; TODD M.B.; JEYAKUMAR A. 3D Printed Pediatric Temporal Bone: A Novel Training Model. *Otol Neurotol.* 2015;36:793-795.

MARTY M.; BROUTIN A.; VERGNES J-N.; VAYSSE F. Comparison of student's perceptions between 3D printed models versus series models in paediatric dentistry hands-on session. *Eur J Dent Educ.* 2019;23:68-72.

MEURER M.I.; MEURER E.; SILVA J.V.L.; BÁRBARA A.S.; NOBRE L.F.; OLIVEIRA M.G.; SILVA D.N. Aquisição e manipulação de imagens por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos. *Radiol Bras.* 2008;41(1):49–54.

MONTBRUN S.L.; MACRAE H. Simulation in Surgical Education. *Clin Colon Rectal Surg.* 2012;25:156–165.

MOWRY S.E.; JAMMAL H.; MYER C. 4TH.; SOLARES C.A.; WEINBERGER P. A Novel Temporal Bone Simulation Model Using 3D Printing Techniques. *Otol Neurotol.* 2015;36:1562–1565.

OBEROI G.; NITSCH S.; EDELMAYER M.; JANJIC K.; MÜLLER A.S.; AGIS H. 3D Printing- Encopassing the Facets of Dentistry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2018;6:172.

OLSZEWSKI R.; SZYMOR P.; KOZAKIEWICZ M. Accuracy of three-dimensional, paper-based models generated using a low-cost, three-dimensional printer. *J Craniomaxillofac Surg*. 2014 Dec;42(8):1847-52.

REYMUS M.; FOTIADOU C.; HICKEL R.; DIEGRITZ C. 3D-printed model for hands-on training in dental traumatology. *International Endodontic Journal*. 2018;51:1313-1319.

REYMUS M.; FOTIADOU C.; KESSLER A.; HECK K.; HICKEL R.; DIEGRITZ C. 3D printed replicas for endodontic education. *International Endodontic Journal*. 2019;52:123-130

SCHRANK A.Z.; FONTANELLA V.R.C. O ensino de radiologia odontológica: uma revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SHELLEY A.M.; FERRERO A.; BRUNTON P.; GOODWIN M.; HORNER K. Impact of CBCT imaging when placing dental implants. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015 Apr;44(4): 20140316.

SOARES P.V.; DE ALMEIDA MILITO G.; PEREIRA F.A.; REIS B.R.; SOARES C.J. et al. Rapid prototyping and 3D-virtual models for operative dentistry education in Brazil. *J Dent Educ*. 2013;77:358-363.

ANEXOS

Anexo A – Normas para submissão no Journal of Dental Education

Checklist for Submission of Manuscripts to the

Journal of Dental Education

GENERAL INFORMATION

Visit the JDE website for formatting requirements and other information about submitting a manuscript.

Manuscripts that don't conform to JDE submission requirements will be unsubmitted and returned to the corresponding author to comply with the requirements.

GENERAL PREPARATION

- Manuscript title is limited to 15 words and up to 150 characters.
- Manuscripts can have up to 3,500 words, excluding the abstract, figures and references.
- Manuscript been carefully proofread for typographical errors and the grammar is correct.
- Original research manuscripts are generally organized as follows: Title, Abstract and Key Words, text (usually Introduction, Methods, Results, Discussion, Conclusion), Acknowledgments, References, Tables/Figures, Appendices (if applicable).
- Ensure that the blinded version is truly blinded—that is, any identifying institution names throughout (including the manuscript title) or names in an acknowledgement section are removed or a substitute used, such as XXX University.
- If your manuscript is about a study involving human subjects, include a statement at the beginning of the Methods section indicating approval or exemption by an Institutional Review Board (IRB). Be sure to blind the IRB name. This statement is not necessary for Review articles.

INITIAL MANUSCRIPT SUBMISSION

- Upload a separate title page file (see Title Page section, below).
- Upload both a blinded and an unblinded version of the manuscript.
- Upload the IRB approval/exemption letter (not necessary for Review articles).

- Upload Figure or Table files (or, instead you may include Figures and Tables at the end of the main manuscript file).
- Upload any permissions obtained to reproduce previously published text/tables/figures.

REVISED MANUSCRIPT SUBMISSION

- Upload a blinded response to reviewers' comments.
- Upload a blinded version of the manuscript that clearly shows where changes were made (e.g., using highlights, different colored text, track changes).

FORMATTING

General

- Margins should be 1 inch (2.54 cm) on all sides.
- The entire manuscript should be double-spaced—including the abstract, acknowledgments, references, and table and figure captions.
- The abstract, content (beginning with the Introduction), references, figures/tables, and appendices should begin on separate pages.

Journal of Dental Education

Submission Checklist

Updated May 2019 Page 2 of 3

Title Page

- Title page includes:
 - o The title.
 - o The name of each author (preferably as first name, middle name/initial and last name) with highest academic degrees.
 - o Each author's and coauthor's job title, department, institution, and location of the institution.
 - o The corresponding author's full name and title, mailing address, phone, fax, and email.

Abstract and Key Words

- Abstract has no more than 250 words.
- If the article is a research study, the abstract is structured with the subheadings Purpose/Objectives, Methods, Results, and Conclusion(s) and written as one paragraph.
- Do not cite references in the abstract.
- Key Words: Include three to ten key words or phrases below the abstract.
 - o At least the first three listed keywords should come from the Medical Subject Headings listed in the Index Medicus guidelines.

Paragraphs and Headings

- Paragraphs should be longer than a single sentence and shorter than one manuscript page.
- Write out abbreviations/acronyms the first time they are used.
- Headings should be aligned to the left margin and be in the following style:
 - o Primary headings should be in all capital letters.
 - o Secondary headings should be upper and lowercase letters and boldface.
 - o Third-level headings should be upper and lowercase and underlined.
- Ensure that heading level styles are consistent throughout the manuscript.

References

- Do not exceed 50 references unless the article is a systematic review.
- Number the references consecutively in the order in which they are first mentioned in the text. Each source should have only one number.
- Within the text, references are superscript numbers placed after punctuation. Do not use parentheses or brackets around references. APA in-text citation style is not accepted.
- Check to ensure that all references in the reference list are cited in the text.
- Journal titles in the reference list should be abbreviated according to the Index Medicus.

- Provide the page number range for an article or book chapter in a reference.

Figures and Tables

- Manuscripts can have up to a combined total of six figures and tables (any combination).

Figures can be multipanel.

- Do not embed tables or figures in the main text. Tables and figures appear at the end of the manuscript, after the References section.
- Tables and figures are “called out” in the main text, in the order in which they appear.
- Each table and figure should start on a separate page and each caption should be on the same page as its table or figure.
- The figure or table title should adequately describe the content.
- Abbreviations used in tables and figures should be explained in legends, notes, or titles.

Ensure your reader can interpret figures and tables with the help of legends and notes, without referring to the main text.

Journal of Dental Education

Submission Checklist

Updated May 2019 Page 3 of 3

- Ensure that a figure will be readable when reduced to the width of a journal column or page.

Keep the font size between 8 points and 14 points.

- Double-space table sources in a source note below the table with Arabic numbers identifying the referenced material. Do not include any of these sources in the article reference list.
- Explain the use of scales in figures in the figure caption or notes.
- Only use asterisks (*) with p-values in tables.

Copyright and Quotations

- Include written permission to use previously published texts, tables, or figures when you upload your manuscript.
- For quotations, include page numbers in parentheses.

Top Reasons Initial Manuscript Submissions Are Unsubmitted

- Separate title page was not uploaded.
- Title page is missing information (e.g., author degrees, affiliations and position titles, complete contact information for the corresponding author).
- Abstract and Key Words sections are missing.
- Manuscript is not formatted properly (see Formatting section, above).
- Manuscript is not ordered in the correct sequence.
- Blinded or unblinded version of the manuscript was not uploaded.
- Blinded version of the manuscript is not truly blinded.
- Manuscript is missing a statement in the Methods section regarding Institutional Review Board (IRB) approval or exemption for studies using human subjects (not necessary for review articles).
- IRB approval/exemption letter is not uploaded (not necessary for review articles).
- References are not formatted correctly in the text—references should be numbered in sequence and appear as superscript Arabic numbers after the punctuation. No brackets or parentheses. APA in-text citation style is not accepted.
 - o Correct,1 correct2 for mid-sentence citations, and correct.3
 - o Incorrect1, and incorrect2.
 - o Incorrect: (1) (2)

o Incorrect: [1] [2]

o Incorrect: (Smith & Jones, 2017)

- Figures or tables are embedded in the main manuscript instead of included at the end, after the References section (each figure and table should on a separate page).

Top Reasons a Manuscript Revision Is Unsubmitted

- Response to reviewers not uploaded (should also be blinded).

- Manuscript doesn't show where changes were made in response to reviewers'

comments (via Track Changes, highlights, different color font, etc.).