

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ODONTOLOGIA**

**OBTENÇÃO DE MODELOS DE PRÓTESE FIXA POR  
FOTOGAMETRIA COM O USO DE CELULAR E  
SOFTWARE ABERTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

**PEDRO MIGUEL VERA BARBARÁN**

**SÃO PAULO**

**2021**

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ODONTOLOGIA**

**OBTENÇÃO DE MODELOS DE PRÓTESE FIXA POR  
FOTOGRAMETRIA COM O USO DE CELULAR E  
SOFTWARE ABERTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita.

Área de Concentração: Prótese Dentária.

**PEDRO MIGUEL VERA BARBARÁN**

**SÃO PAULO**

**2021**

Barbarán, Pedro Miguel Vera.

Obtenção de modelos de prótese fixa por fotogrametria com o uso de celular e software aberto / Pedro Miguel Vera Barbaran. - 2021.

15 f. : il. color. + CD-ROM.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, São Paulo, 2021.

Área de concentração: Prótese.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita.

1. Fotogrametria monoscópica. 2. Fotografia dental.  
3. Fotografia 3D. 4. Prótese fixa. 5. Celular. 6. Moldagem convencional e digital. 7. Tecnologia. I. Mesquita, Alfredo Mikail Melo (orientador). II. Título.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário Rodney Eloy CRB8-6450

**PEDRO MIGUEL VERA BARBARÁN**

**OBTENÇÃO DE MODELOS DE PRÓTESE FIXA POR  
FOTOGRAMETRIA COM O USO DE CELULAR E  
SOFTWARE ABERTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Dr. Luciano Lauria Dib  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maristela Dutra-Corrêa  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Dr. Fernando Igai  
Universidade Metodista de São Paulo – UMESP

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dra. Susana d'Ávila  
Programa de Reabilitação Dental Ltda – PRODE

## **DEDICATÓRIA**

Se eu fui capaz de chegar até o doutorado foi graças aos meus pais que sempre me incentivaram a me dedicar ao estudo, mesmo durante o colégio. Vocês sempre foram minha base na vida, no estudo e no mundo. Vocês são exemplos de que eu poderia chegar aonde quisesse e me dediquei especialmente para esse resultado todos os dias da minha vida. Esse doutorado é prova do amor e apoio incondicional de vocês. Certamente não chegaria até onde estou sem os pais dedicados e amorosos que tive. A vocês, meu muito obrigado!

Eu dedico essa tese e toda minha jornada a vocês

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu orientador Alfredo Mikail Melo Mesquita, que sempre confiou no meu trabalho e que se tornou um amigo. Minha admiração, carinho e respeito eterno para você. Suas opiniões enriqueceram a minha Tese e seu apoio nas horas difíceis foram decisivos para a conclusão deste Doutorado.

A minha irmã Angelly Antonella Vera Barbarán, que é a minha amiga, companheira, conselheira, e que sempre esteve presente nos momentos bons e ruins da minha vida.

Aos meus avós que sempre foram meu exemplo máximo de superação. Eles que nunca tiveram acesso à educação de qualidade, nem fizeram faculdade, mas me ensinaram muito sobre a vida e sobre persistir no que eu sonhasse. E depois de muito lutar, cheguei aqui me espelhando em vocês. Se eu não desisti em meio às dificuldades foi para honrar a oportunidade que tive e vocês jamais puderam ter. Esse título não é só meu, mas também de vocês, os doutores da minha vida. Obrigado por serem meus grandes exemplos de vida e superação.

As minhas amigas e colegas, Renata Moura, Tayná Castro, Alessandra Tuzita, que se tornaram a família que tive o prazer de escolher. Ter vocês comigo até os dias de hoje é uma honra, poder contar com o apoio incondicional das minhas amigas nessa tese com certeza foi um privilégio. Sinto-me extremamente grato por todas às vezes que vocês me deram forças pra continuar, por termos dividido experiências, conversas e conselhos. Esse título de doutorado não é só meu, ele com certeza é nosso!

Aos meus amigos de Pós-Graduação, Rodrigo Salazar, Tarciso Penha Junior, Monica Rodrigues, Débora Calabro, Regina Maria Tacola, Henrique Tuzzolo, Juliana Sabino Lisboa, Rogério Salinas Ferreira, Ana Paula Bella pela companhia agradável em todos estes anos de permanência aqui na UNIP.

A UNIP, melhor instituição que eu poderia escolher. Por todo apoio, estrutura e portas que me foram abertas, hoje sei que não poderia ter feito escolha melhor! Estudar nessa instituição foi uma experiência completa, desde a sala de aula e a convivência com os colegas com quem dividi tantos aprendizados até o desenvolvimento dessa tese. Jamais serei capaz de demonstrar minha gratidão por tudo que fizeram por mim. Desejo que todos possam viver uma experiência de doutorado tão completa como a minha nessa grande instituição. Minha tese só se conclui hoje por todas as oportunidades que me foram dadas.

*“Se quiser triunfar na vida, faça da perseverança a sua melhor amiga; da experiência, o seu conselheiro; da prudência, o seu irmão mais velho; e da esperança, o seu anjo da guarda.”*

**Joseph Addison**

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi validar o desenvolvimento da técnica de fotogrametria monoscópica com o uso de celular e software aberto para obtenção de modelos de prótese fixa, em comparação com outras técnicas de moldagem digitais e convencionais consagradas na literatura. Foi utilizado um modelo mestre em gesso tipo IV (FUJIROCK® – GC, Japão), obtido por meio da duplicação com silicone de adição (Variotime® Easy Putty – Heraeus Kulzer, Alemanha) de um manequim odontológico (modelo de Dentística – Prodens® Top Ref: 4329, Brasil), com preparos dentários para prótese fixa nos dentes 13,16, 23 e 26. Estes preparos possuíam marcações em baixo relevo nas faces oclusais e vestibulares para mensurar as medidas lineares horizontais (distância) e verticais (altura) de cada preparo. Moldagens convencionais e digitais foram realizados no modelo mestre randomizados nos seguintes grupos: G1: Modelo Mestre; G2: Modelo duplicado obtido por meio da técnica de dupla moldagem com silicone de adição; G3: Modelo 3D (em formato. stl) obtido por meio do escaneamento intraoral CEREC Omnicam AF; G4: Modelo 3D (em formato. stl) obtido por meio do escaneamento intraoral TRIOS 3 Basic; G5: Modelo 3D (em formato. stl) obtido por meio da Fotogrametria monoscópica com uso de celular. Foi realizado a análise dos dados para verificar normalidade, e o teste do Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) de medidas repetidas. Não houve diferença estatisticamente significativa entre todos os grupos para as medidas horizontais e verticais, com desvios padrão e coeficiente de variação com valores baixos. Conclui-se que a fotogrametria monoscópica realizada com o uso de celular apresenta acurácia assim como às técnicas de moldagem digitais e convencionais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Palavras-chave: Fotogrametria Monoscópica. Fotografia Dental. Fotografia 3D. Prótese Fixa. Celular. Moldagem Convencional e Digital. Tecnologia.

## ABSTRACT

The aim of this study was to validate the development of the monoscopic photogrammetry technique using a mobile device to obtain models of fixed prostheses, compared with others digital and conventional impression techniques established in the literature. A master model in dental cast type IV (FUJIROCK® – GC, Japan) was used, obtained by duplicating with addition silicone impression (Variotime® Easy Putty – Heraeus Kulzer, Germany) of a dental dummy prefabricated (Restorative Dentistry model – Prodens® Top Ref: 4329, Brazil), with dental preparations for fixed prosthesis on teeth 13,16, 23 and 26. These dental preparations had low relief markings on the occlusal and buccal surfaces to analyze the horizontal (distance) and vertical (height) linear measurements of each preparation. Conventional and digital impressions were performed on the master model, randomized into the following groups: G1: Master model; G2: Duplicate model obtained through the double molding technique with addition silicone; G3: 3D model (in. stl format) obtained by intraoral scanning CEREC Omnicam AF; G4: 3D model (in. stl format) obtained through TRIOS 3 Basic intraoral scanning; G5: 3D model (in. stl format) obtained through monoscopic photogrammetry using a cell phone. Data analysis was performed to verify normality, and the Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ) for repeated measures. There was no statistically significant difference between all groups for horizontal and vertical measurements, with standard deviations and coefficient of variation with low values. It is concluded that monoscopic photogrammetry technique performed with a mobile device presents a similar accuracy to digital and conventional impression techniques.

Key-words: Monoscopic Photogrammetry, Dental Photography, 3D Photography, Prosthodontics, Mobile Device, Conventional and Digital Impression, Technology.

## LISTA E ABREVIATURAS E SIGLAS

$\alpha$	Poder estatístico Alfa – erro do tipo I = 0,05
<b>3D</b>	Tridimensional
<b>CPU</b>	Central Processing Unit – Unidade Central de Processamento
<b>DSLR</b>	Digital Single Lens Reflex
<b>FM</b>	Fotogrametria Monoscópica
<b>GB</b>	Gigabyte
<b>LX</b>	Lux
<b>MM</b>	Modelo Mestre
<b>PC</b>	Personal Computer – Computador Pessoal
<b>RAM</b>	Random Access Memory – Memória de Acesso Aleatório
<b>STL</b>	STereoLithography / Standard Triangle Language
<b>TC</b>	Técnica Convencional
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity – Fidelidade sem fio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>14</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>15</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização dos scanners odontológicos possibilita a obtenção de registros digitais com alta precisão e exatidão, sendo semelhantes ou superiores às técnicas de moldagem tradicionais em alguns casos<sup>1,2</sup>. Desta forma, é crescente a busca por procedimentos clínicos de escaneamento mais rápidos, precisos e padronizados, antes ocupados pelas técnicas de moldagem convencionais. No entanto, atualmente o alto custo do equipamento digital ainda pode ser um fator de impedimento para o profissional cirurgião dentista, restringindo a introdução ao fluxo digital em suas clínicas. Por isso, é interessante utilizar técnicas de baixo custo como a fotogrametria<sup>1</sup>, que pode ser empregado também em regiões mais humildes e com maior dificuldade de acesso.

Fotogrametria é uma técnica matemática baseada na geração de coordenadas tridimensionais para definir o arranjo espacial de um objeto, identificando pontos repetidos em múltiplas imagens adquiridas em diferentes ângulos do mesmo objeto<sup>3,4</sup>. O próprio nome fotogrametria vem de três palavras gregas: foto (luz), gramma (registro) e metreo (medida). Em suma, isso significa registrar e medir com o uso da luz<sup>5</sup>.

A fotogrametria surgiu da radiolocalização, multilateração e radiometria, e tem sido usada desde meados do século XIX nas indústrias do espaço, aeronáutica, geologia, meteorologia, geografia, turismo e entretenimento<sup>6</sup>.

Na área da odontologia, a fotogrametria é utilizada para obtenção de modelos digitais por meio da obtenção de imagens intraorais e extraorais com câmeras digitais DSLR (Digital Single Lens Reflex)<sup>4,7,8</sup>, além de ser uma ferramenta muito útil no planejamento e avaliação de resultados de cirurgias maxilo-faciais e também na confecção de próteses buco-maxilo-faciais<sup>6</sup>, na ortodontia e cirurgia reconstrutiva<sup>5</sup>, por fornecer um bom registro de tecidos moles<sup>9,10</sup>.

A fotogrametria pode ser usada na técnica de estereofotogrametria, na qual todas as capturas são feitas simultaneamente por diferentes câmeras digitais em diferentes alturas e ângulos em relação ao objeto / sujeito; ou, pela técnica monoscópica, no qual apenas uma câmera digital é utilizada para realizar as capturas sequenciais em diferentes alturas e ângulos do objeto / sujeito<sup>11-13</sup>. A indústria digital desenvolveu diversos produtos e sistemas para simplificar a aplicação clínica, obtendo

resultados cada vez melhores. Portanto, esta tecnologia requer um investimento substancial em infraestrutura, hardware e software para a prática clínica<sup>14,15</sup>. Por esse motivo, diversos autores têm buscado processos de baixo custo para a fabricação de próteses<sup>16</sup>, como a utilização de softwares “*free sources*” e da técnica de fotogrametria monoscópica com dispositivos digitais móveis<sup>17,18</sup>.

As câmeras digitais têm sido amplamente adotadas na odontologia<sup>19</sup>, pois as fotografias digitais auxiliam na comunicação entre os profissionais cirurgiões dentistas e técnicos laboratoriais em relação à morfologia dentária, distribuição de cores das superfícies dentais, condições intraorais, além da necessidade de documentação, publicação, educação e marketing<sup>20-22</sup>. As câmeras DSLR são consideradas “padrão ouro”, pois permitem tirar fotografias dentais de alta e ótima qualidade<sup>23</sup>.

Dispositivos digitais móveis, do tipo smartphone se tornaram muito comuns na rotina clínica dos cirurgiões dentistas e pacientes. Além disso, as novas gerações dos dispositivos digitais móveis vêm evoluindo em termos de qualidade do sensor, resolução e sofisticação das lentes de captura de imagens<sup>24</sup>, com características de câmeras duplas e triplas e configurações que permitem o acesso a recursos, funções e ferramentas que antes eram limitadas às câmeras DSLR<sup>25</sup>, além de conter uma capacidade independente de computação (CPU), aplicativos de software, conectividade sem fio (Wi-Fi) e tecnologia fotográfica de alta resolução<sup>26</sup>. As principais vantagens dos dispositivos móveis em relação as câmeras DSRL são a leveza, baixo custo e fácil uso<sup>25,27</sup>.

De acordo com Salazar et al. (2016)<sup>6</sup>, a técnica de fotogrametria monoscópica apresenta excelentes resultados com o uso da câmera digital de um celular do tipo smartphone, para confecção de próteses faciais.

Dentre as técnicas de moldagens intraorais utilizadas na odontologia, a acurácia dos scanners intraorais e da técnica de moldagem convencional é muito bem conhecida e consagrada, dentro de suas características<sup>28-30</sup>, podendo servir de parâmetro para validação da fotogrametria monoscópica.

Ressalta-se, por tanto, que o objetivo deste estudo foi validar o desenvolvimento da técnica de fotogrametria monoscópica com o uso de celular para obtenção de modelos de prótese fixa, em comparação com um modelo mestre (Grupo controle) e outras técnicas de moldagem digitais e convencionais consagradas na literatura.

## 2 CONCLUSÕES GERAIS

Dentro das limitações deste estudo, no período de tempo analisado, as seguintes conclusões foram:

1. Foi possível gerar modelos 3D com o uso da fotogrametria monoscópica por meio de fotos obtidas por um dispositivo digital móvel.
2. Software livre e equipamentos de baixo custo operacional são uma alternativa viável para a captura da anatomia dental, com a finalidade de gerar modelos físicos de trabalho e desenhar modelos virtuais 3D para prótese fixa.
3. A fotogrametria monoscópica por meio de celular nos permite obter modelos digitais com a acurácia para confecção de prótese fixa, similar às técnicas de moldagens convencionais e digitais.

## REFERÊNCIAS

1. Stuani VT, Ferreira R, Manfredi GP, Cardoso MV, Sant'Ana AC. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. *Medical hypotheses*. 2019;128: 43-49.
2. Nedelcu R, Olsson P, Nystrom I, Ryden J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: a novel in vivo analysis method. *J Dent* 2018;69:110–8.
3. Kraus K. *Photogrammetry: geometry from images and laser scans*. Berlin: 2nd ed. Berlin: Walter de Gruyter, 2007.
4. Sanchez-Monescillo A, Sanchez-Turrion A, Vellon-Domarco E, Salinas-Goodier C, Prados-Frutos JC. Photogrammetry impression technique: a case history report. *Int J Prosthodont* 2016;29:71–3.
5. Ey-Chmielewska H, Chruściel-Nogalska M, Frączak B. Photogrammetry and Its Potential Application in Medical Science on the Basis of Selected Literature. *Adv Clin Exp Med*. 2015 Jul-Aug;24(4):737-741.
6. Salazar-Gamarra R, Seelaus R, da Silva JVL, da Silva AM, Dib LL. Monoscopic photogrammetry to obtain 3D models by a mobile device: a method for making facial prostheses. *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2016;45 (1), 33.
7. Mitchell HL, Newton I. Medical photogrammetric measurement: overview and prospects. *ISPRS J Photogramm Remote Sens* 2002;56:286–94.
8. Ravasini F, Fornari M, Bonanini M. Quantification of the amount of dental material removed by selective grinding in wax dentures with photogrammetric measurements. *Minerva Stomatol* 2016;65:335–42.
9. Almuzian M, Almkhtar A, O'Neil M, Benington P, Al Anezi T, Ayoub A. Innovation in prediction planning for anterior open bite correction. *Australian Orthodontic J* 2015;31:78–86.

10. Kulczynski FZ, de Oliveira Andriola F, Deon PH, da Silva Melo DA, Pagnoncelli RM. Postural assessment in class III patients before and after orthognathic surgery. *Oral and maxillofacial surgery* 2018;22:143–50.
11. Feng ZH et al. Virtual Transplantation in Designing a Facial Prosthesis for Extensive Maxillofacial Defects that Cross the Facial Midline Using Computer-Assisted Technology. *Int J Prosthodont.* 2010;23:513–20.
12. Heike CL et al. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med.* 2010;6:18.
13. Runte C et al. Optical Data Acquisition for Computer-Assisted Design of Facial Prostheses. *Int J Prosthodont.* 2002;15:129–32.
14. Tzou CH et al. Comparison of three-dimensional surface-imaging systems. *Reconstructive & Aesthetic Surgery: Journal of Plastic*; 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2014.01.003>.
15. Menezes M, Sforza C. Three-dimensional face morphometry. *Dental Press.* 2010;15(1):13–5.
16. He Y, Xue GH, Fu JZ. Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer. *Sci Rep.* 2014;27:1–4.
17. Mahmoud A, Bennett M. Introducing 3-Dimensional Printing of a Human Anatomic Pathology Specimen: Potential Benefits for Undergraduate and Postgraduate Education and Anatomic Pathology Practice. *Arch Pathol Lab Med.* 2015;139(8):1048–51.
18. Koban KC et al. 3D-imaging and analysis for plastic surgery by smartphone and tablet: an alternative to professional systems? *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2014;46(2):97–104.
19. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater* 2006;22:553–9.

20. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J* 2005;199:43–9.
21. Galante DL. History and current use of a clinical photography in orthodontics. *J Calif Dent Assoc.* 2009 Mar;37(3):173-4.
22. Ahmad I. Digital dental photography. Part 2: purposes and uses. *Br Dent J.* 2009 May 9;206(9):459-64.
23. Ahmad I. Digital dental photography. Part 4: choosing a camera. *Br Dent J.* 2009 Jun 13;206(11):575-81.
24. Soldo M, Illeš D, Ćelić R, Knezović Zlatrić D. Assessment of Color Parameters on Maxillary Right Central Incisors Using Spectrophotometer and RAW Mobile Photos in Different Light Conditions. *Acta Stomatol Croat.* 2020 Dec;54(4):353-362.
25. Hardan LS. Mobile dental photpgraphy: a simple technique for documentation and communication. *Quintessence Int.* 2020;51(6):510-518.
26. Tam WK, Lee HJ. Accurate shade image matching by using a smartphone camera. *J Prosthodont Res.* 2017 Apr;61(2):168-176.
27. Jauregui Ulloa J, Salazar-Gamarra R, Mesquita AMM, Aguirre F, Dib LL. A Digital Method to Fabricate the Ocular Portion of An Orbital Prosthesis with A Smartphone Camera, Color Calibration and Digital Printing. *J Prosthodont.* 2021 Jan;30(1):91-94.
28. Moura RV, Kojima AN, Saraceni CHC, Bassolli L, Balducci I, Özcan M, Mesquita AMM. Evaluation of the accuracy of conventional and digital impression techniques for implant restorations. *Journal of Prosthodontics*; 2019;28(2), e530-e535.
29. Seelbach P, Brueckel C, Wořtmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig.* 2013; 17: 1759–1764.
30. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res.* 2016 Apr