

O USO DA FOTOGRAMETRIA NA ODONTOLOGIA

THE USE OF PHOTOGRAMMETRY IN DENTISTRY

¹CUNHA; Ana Julia Belisário; ²OLIVEIRA; Laura Pontes; ³KAWAUCHI, Márcia Yuri

^{1e2}Departamento de Odontologia – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-
Unifio/FEMM

RESUMO

Recentemente, pode-se perceber um aumento na procura de novos métodos de digitalização de imagens no ramo da Odontologia, principalmente na Ortodontia, diante disso, surge a Fotogrametria. O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso da Fotogrametria, e salientar ainda, se há um consenso na literatura acerca de um protocolo ideal e ainda, no que diz respeito a sua acurácia. O presente estudo consistiu em uma revisão de literatura no período compreendido entre 2014 e 2023, com auxílio das plataformas, PubMed, MPDI, Science Direct, Research Gate e Google Acadêmico, utilizando-se os descritores “Fotogrametria”, “Modelos de gesso”, “Odontologia”, “Imagem 3D” e “Acurácia” e “Photogrammetry”, “Plaster models”, “Dentistry”, “3D Image” and “Accuracy”. Diante dos artigos publicados, pode-se constatar que a fotogrametria demonstrou ser um método confiável para o processamento de modelos 3D. No que diz respeito ao protocolo ideal, ainda é precoce apontar um método padrão, mas foram obtidos resultados mais satisfatórios quando as fotografias foram tiradas com zoom, com foco na área desejada. Quanto aos sistemas de digitalização 3D, parece justo concluir que a eleição de um programa é uma escolha individual de cada profissional, visto que todos eles apresentaram resultados favoráveis.

Palavras-chave: Fotogrametria; Modelos de Gesso; Odontologia; Imagem 3D.

ABSTRACT

Recently, an increase in the search for new methods of digitizing images in the field of Dentistry, especially in Orthodontics, has been noticed, leading to the emergence of photogrammetry. The objective of this work was to evaluate the use of photogrammetry, and also to highlight whether there is consensus in the literature regarding an ideal protocol and also regarding its accuracy. The present study consisted of a literature review in the period between 2014 and 2023, with the help of the platforms PubMed, MPDI, Science Direct, Research Gate and Google Scholar, using the descriptors “Photogrammetry”, “Plaster models”, “Dentistry”, “Image 3D” and “Accuracy”. In view of the published articles, it can be seen that photogrammetry has proven to be a reliable method for processing 3D models. Regarding the ideal protocol, it is still early to identify a standard method, but more satisfactory results were obtained when the photographs were taken with zoom, focusing on the desired area. As for 3D scanning systems, it seems fair to conclude that choosing a program is an individual choice for each professional, as they all showed favorable results.

Keywords: Photogrammetry; Plaster Models; Dentistry; 3D imaging.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve uma crescente procura de novos métodos de digitalização de imagens no ramo da Odontologia, isso se deve, principalmente, ao custo alto dos métodos tradicionalmente usados (PODJA, 2021), a dificuldade de acesso a essa tecnologia pelo recém-formados e em diversas áreas, como a Ortodontia e a Cirurgia, por exemplo, há a dificuldade de armazenamento dos modelos de gesso que são utilizados para o planejamento do tratamento.

Diante o exposto, novos métodos vêm sendo investigados ao decorrer dos anos, tal como a fotogrametria, que resumidamente, utiliza fotografias de vários ângulos e altura de um objeto, e com auxílio de um software de digitalização de imagens 3D, as fotografias são processadas em uma malha de pontos, na qual, os pontos semelhantes em cada uma das fotografias são ligados, resultando assim, em um modelo tridimensional. Contudo, esta modalidade de obtenção de imagens 3D para a prática odontológica, parece não ser muito bem conhecida e entendida. Haveria aplicabilidade na Odontologia? Em quais casos poderíamos observar sua efetiva acurácia na reprodução de modelos “vivos” ou inanimados?

A vista disso, o presente trabalho visou abordar, por meio de uma revisão de literatura, o uso da Fotogrametria para a Odontologia, e salientar ainda, se há um consenso na literatura acerca de um protocolo ideal e, no que se diz respeito, a sua acurácia.

METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, no período entre 2014 e 2023. Como estratégia de busca, foram utilizadas as plataformas, PubMed, MPDI, Science Direct, Research Gate e Google Acadêmico utilizando-se os descritores “Fotogrametria”, “Modelos de gesso”, “Odontologia”, “Imagem 3D” e “Acurácia” e “Photogrammetry”, “Plaster models”, “Dentistry”, “3D Image” and “Accuracy”. Como critério de inclusão, só foram selecionados artigos relacionados diretamente com o tema, ou seja, que abordassem o uso da Fotogrametria na Odontologia, e que evidenciassem ainda, sua acurácia em relação aos métodos tradicionais.

DESENVOLVIMENTO

Considerando os critérios expostos na metodologia, foram incluídos para este trabalho 12 artigos, do período compreendido entre 2014 e 2023. A maioria dos trabalhos avaliaram a importância da Fotogrametria na área da Ortodontia, visando investigar sua acurácia na digitalização de modelos de gesso para o planejamento de tratamento, porém em áreas como a Prótese e a Cirurgia Bucomaxilofacial observou-se um interesse relevante pelo assunto.

Assim, na Ortodontia, Al-Rudainy *et al.*, em 2023, avaliaram a confiabilidade da modelagem tridimensional de modelos ortodônticos utilizando a Fotogrametria com auxílio de um smartphone, comparadas entre dois tipos de

softwares de digitalização 3D e com o padrão-ouro, comparadas com tomografias computadorizadas de feixe cônico. Como resultado, quando comparadas entre os dois sistemas distintos, as diferenças foram mínimas, de apenas 0,01mm, avaliados no teste de postos sinalizados de Wilcoxon. No que tange as imagens realizadas pela tomografia, as médias comparativas foram de 0,5 mm e de 0,3 mm, ao calcular as médias percentis de 90% e 95%. Assim, pode-se concluir que o uso do smartphone para produzir modelos 3D a partir de softwares se mostrou confiável, indicando uma diferença menor que a clinicamente aceitável (0,5mm).

Este trabalho confirmou os resultados obtidos por Gamarra *et al.*, de 2016, que buscaram avaliar o uso da fotogrametria monoscópica para a obtenção de modelos 3D, visando a confecção de próteses faciais por meio de um dispositivo móvel. Um paciente com defeito facial foi fotografado utilizando-se um smartphone Samsung Galaxy Note 4® (Seul, Coreia do Sul). As fotografias foram tiradas em alturas diferentes em relação ao paciente, porém sempre mantendo a mesma distância entre paciente-operador. O ambiente foi iluminado apenas por luz natural para excluir a necessidade do flash. As fotografias foram baixadas e processadas em alta qualidade para a construção do modelo 3D que posteriormente foi impresso em poliamida. Ao final, puderam concluir que é possível gerar modelos 3D confiáveis, como impressões faciais digitais, utilizando a Fotogrametria monoscópica com auxílio de um dispositivo móvel.

Similarmente a Gamarra *et al.*, outro artigo que também visou avaliar, com enfoque na análise facial, dois scanners distintos, um scanner extraoral de luz estruturada e um scanner fotogramétrico, obteve resultados favoráveis. Neste cenário, pode constatar que quando comparados, o scanner fotogramétrico apresentou resultados superiores em relação ao scanner de luz estruturada (NOGUEIRA, 2023).

A respeito ao protocolo ideal para a Fotogrametria, Moraes *et al.* (2020), objetivaram avaliar um protocolo fotogramétrico para digitalizar modelos de gesso de arcadas dentárias e compará-los a um modelo digitalizado por um scanner intraoral. O estudo se desenvolveu da seguinte forma, um modelo de gesso foi fotografado com auxílio de um smartphone produzindo 64 fotografias. Após isso, elas foram processadas pelo software OrtogOnBlender e digitalizadas pelos 3 diferentes programas disponíveis, OpenMVG, SMVS e MeshRoom. As malhas

então foram exportadas para o CloudCompare. Foram observadas discrepâncias em pequenas áreas do modelo de gesso, quando comparadas com a imagem do scanner intraoral. Por conta disso, refizeram as fotografias, totalizando 116 capturas, dessa vez utilizando o zoom, para ficar mais próximo da área alvo e conseguir captar mais detalhes. Com isso, pode-se verificar uma melhora significativa no processamento da imagem digitalizada quando comparada ao scanner intraoral. Portanto, concluíram que a tomada de fotos mais próximo da área desejada, traz melhores resultados na digitalização de modelos de gesso.

Pojda, *et al.*, no ano seguinte, também se propuseram estudar a aplicação de técnicas de medição multimodal da fotogrametria, avaliando quanto a iluminação, o desfoque, a qualidade da câmera e o número de fotografias implicavam no resultado da digitalização de imagens. Foram tiradas fotos de diversos ângulos de um paciente e digitalizadas em modelo 3D, o mesmo método foi aplicado a um molde de gesso da arcada inferior do paciente, também reconstruído tridimensionalmente por softwares. Para fins comparativos, os modelos 3D do paciente e do molde de gesso foram processados utilizando scanners 3D profissionais. Concluiu-se que, quanto a iluminação, os melhores resultados foram obtidos quando as fotos não apresentavam nenhuma sombra e de forma mais sistemática, as fotos que tiveram seu brilho aumentado no pós-processamento, a fim de reparar algum erro que possa ter acontecido na hora da tiragem, obtiveram um resultado positivo até certo ponto, onde começa a saturação, o que fez com que a imagem apresentasse uma piora. Quanto ao desfoque, as fotos foram propositalmente desfocadas por intermédio de um filtro, o que representou uma deterioração significativa na precisão do modelo 3D. Foram comparados também, os modelos 3D gerados por 3 softwares diferentes, dos quais, o Agisoft se mostrou mais efetivo. Os resultados de precisão, quando comparado ao modelo 3D processados por scanners profissionais, em relação aos objetos inanimados, o desvio foi de 0,2mm, e para humanos o desvio foi de 1 mm. Foram avaliados também os desvios causados por movimentos involuntários, cujo padrão de desvio foi de 0,43 mm. Por fim, concluiu-se que a Fotogrametria pode ser utilizada na odontologia digital, pois sua precisão é conveniente para efeitos de documentação.

Reginaldo, *et al.*, similarmente a Podja *et al.*, avaliaram três diferentes protocolos de Fotogrametria para escaneamento tridimensional de modelos odontológicos, que nesse caso, eram edêntulos. Os métodos consistiam em fotos

tiradas por um smartphone, um vídeo também produzido pelo smartphone, e fotos produzidas por uma câmera profissional + OpenScan, que foram comparados posteriormente, com uma imagem 3D produzida por um scanner profissional. Dessa forma ao comparar os três protocolos entre si, não possuem diferenças relevantes, contanto, quando comparado a imagem 3D produzida pelo scanner, o grupo da câmera profissional + Open Scan, atingiram níveis mais elevados de semelhança, seguido do grupo do vídeo do smartphone e por último o grupo das fotos do celular.

Quando se diz respeito aos sistemas de digitalização 3D por Fotogrametria, Batistela *et al.*, analisou cinco sistemas distintos aplicados a Odontologia Legal. Os 5 softwares distintos foram, Photoscan®, 123dCatch®, ReCap360®, PPT-GUI® e OpenMVG®+MVS®. Um crânio da universidade de um dos autores, foi posicionado em uma base reta, com duas escalas métricas ao seu lado, assim ele foi fotografado por um smartphone em dois ângulos distintos, 45° e 30°. Foram tiradas ao todo, 42 fotografias ao redor da peça, com distância de 18°. Essas fotos foram exportadas para um computador pessoal e distribuídas para os 5 tipos de sistemas de digitalização. Em todos os sistemas, as fotos passam por um pré-processamento, onde há a junção dos pontos semelhantes, que são convertidos em uma malha 3D, que posteriormente será texturizada e colorida. Ademais, os modelos resultantes foram importados para o software Blender, onde sofreram uma redimensionalização manual de 1:1 com auxílio de uma escala ABFO nº2 digitalizada, e assim, foi registrado o número de vértices e faces. Dessa forma os modelos foram avaliados de modo visual e de modo quantitativo. Concluiu-se, ao comparar os 5 sistemas diferentes, que todos os sistemas apresentam resultados satisfatórios, o que torna a eleição de um sistema individual para cada profissional.

No que tange a acurácia desse método, Zotti *et al.*, investigaram se a Fotogrametria é uma alternativa aos scanners odontológicos extraorais e intraorais. Portanto, um modelo de gesso de uma arcada dentária foi digitalizado por meio do método fotogramétrico, e por scanners extra e intraoral. Se tratando do modelo de gesso, as fotografias foram realizadas com base no ângulo oclusal em 0° e 30°, que renderam 50 fotografias no total, sendo 25 referentes a cada posicionamento.

As referências escolhidas foram: altura e largura de cada dente, larguras transversais entre as cúspides dos caninos e as cúspides méso-palatinas dos

primeiros molares e distância entre a linha média e as cúspides dos caninos. As referências foram medidas duas vezes em um intervalo de 30 minutos para cada modelo, assim, nos modelos de gesso utilizando um calibre e nos modelos digitalizados, o software Blender. O Coeficiente de Correlação Interclasses foi calculado para cada par de medidas e através da sobreposição dos modelos digitalizados, uma análise volumétrica foi realizada e calculado o coeficiente de variação. Um teste ANOVA de dois fatores foi realizado. Observou-se que para cada referência, o coeficiente de variação foi abaixo de 3%, o que indica uma boa repetibilidade do método e os dois testes ANOVA não indicaram um valor muito significativo em ambos os casos ($p > 0,05$). A análise volumétrica indicou uma boa concordância entre os modelos digitais e o modelo de gesso. Desse modo, puderam concluir que a Fotogrametria parece ser um bom método para aquisição de modelos digitais a partir de um modelo de gesso. Todos os métodos testados parecem ser bons para a obtenção de um modelo digital tridimensional preciso.

Os resultados do estudo, corroboraram com o estudo de Stuni *et al.*, (2019), nos quais ambos objetivaram avaliar a acurácia da Fotogrametria, com vistas à aquisição de modelos odontológicos digitais por meio da digitalização de modelos de gesso e concluíram que a técnica fotogramétrica parece ser eficiente para a digitalização de modelos dentários. Bartella *et al.*, nesse ano, avaliaram se a Fotogrametria manual e escaneamento facial com dispositivo inteligente eram capazes de produzir conjuntos de dados precisos para análises clínicas. Dessa forma, 50 voluntários saudáveis foram incluídos no estudo, nos quais, foram calculadas as medidas antropométricas faciais, isto é, a distância entre canto medial e laterais do olho, asa do nariz e ângulos da boca de cada voluntário, além de terem fixado dois objetos de dimensões conhecidas na bochecha e centro da testa. Após isso, foram escaneados, utilizando os dois métodos pré-estabelecidos. Observou-se que a Fotogrametria manual obteve maior precisão na criação de imagens 3D comparado ao dispositivo inteligente, que por conta da suavização excessiva da imagem, não demonstra uma exatidão comparada a Fotogrametria manual, porém dispositivos inteligentes são mais fáceis de usar.

Silvester *et al.*, em seu estudo, buscaram avaliar se a Fotogrametria é capaz de produzir modelos 3D virtuais de dentes de qualidade adequada a fim de avaliar superfícies em escala fina, como padrões de macrodesgaste dentário. Foram

utilizados para a produção dos modelos 3D, modelos de gesso de dentes molares. Com auxílio do software Agisoft Metashape, os modelos de gesso foram digitalizados e para fins comparativos, os modelos de referência foram digitalizados por um scanner GOM ATOS 80. Para avaliar as diferenças entre os dois métodos, o CloudCompare foi utilizado. Ao final do estudo, pode ser observado que os modelos 3D derivados do método fotogramétrico se aproximaram muito dos digitalizados pelo scanner profissional, porém, ao avaliar as áreas facetadas do desgaste dentário, as medições diferiram significativamente. Fu *et al.*, tiveram como objetivo em seu estudo, explorar uma nova técnica fotogramétrica de curto alcance multi-base, com enfoque em reconstruir e medir modelos 3D de modelos de gesso ortodônticos, onde 30 conjuntos de modelos de gesso ortodônticos foram fotografados por uma câmera profissional, em diversas posições, ao final, rendendo 72 fotografias. Os modelos de gesso foram medidos por dois examinadores, e os modelos 3D foram construídos e medidos através do software de código aberto MeshLab. As distâncias escolhidas foram as larguras méso-distais dos incisivos centrais superiores direitos, caninos superiores esquerdos, primeiros molares inferiores esquerdos, larguras intercaninos superiores e inferiores, larguras interprimeiros molares e perímetros do arco superior e inferior. Para comparar os valores dos dois métodos, foi utilizado o método de Bland-Altman. As medidas entre os modelos fotogramétricos e os modelos de gesso tiveram diferenças médias de 0,011-0,402mm, essas não sendo consideradas significativas, exceto pelo perímetro da arcada inferior, todas as outras diferenças foram consideradas clinicamente aceitáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a revisão da literatura, parece lícito concluir que: A Fotogrametria demonstrou ser um método confiável para o processamento de modelos 3D.

A respeito do protocolo ideal, ainda é precoce apontar um método padrão, mas foram obtidos resultados mais satisfatórios quando as fotografias foram tiradas com zoom, com foco na área desejada.

Quanto aos sistemas de digitalização 3D, parece justo concluir que a eleição de um programa é uma escolha individual de cada profissional, visto que todos eles apresentaram resultados favoráveis.

REFERÊNCIAS

- AL-RUDAINY, D.; ADEL AL-LAMI, H.; YANG, L. Validity and reliability of three-dimensional modeling of orthodontic dental casts using smartphone-based photogrammetric technology. **Journal of the World Federation of Orthodontists**, v.12, n. 1, p. 9–14, fev. 2023.
- BARTELLA, A. K. et al. Accuracy of low-cost alternative facial scanners: a prospective cohort study. **Oral Maxillofac Surg.** v. 27, n. 1, p. 33–41, 2023.
- BUENO, George Nunes. **Confiabilidade de diferentes métodos de aquisição de modelos digitais**. 2014. 65f Dissertação (Mestrado em Ortodontia) Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- MORAES, C.; ROSA, E.; DORNELLES, R. **Fotogrametria para Arcadas Dentárias - Protocolo e Comparação**. In: OrtogOnBlender - Documentação Oficial. [s.l.] Cicero André da Costa Moraes, 2020. p. 215–233.
- BATISTELA, G.; MORAES, C.; MIAMOTO, P. Comparação entre cinco sistemas de digitalização 3d por fotogrametria aplicados à antropologia forense e odontologia legal. **Revista Brasileira de Odontologia Legal –RBOL**, p. 24–33, 17 mar. 2017.
- SILVESTER, C. M.; HILLSON, S. A critical assessment of the potential for Structure-from-Motion photogrammetry to produce high fidelity 3D dental models. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 173, n. 2, p. 381–392, 4 ago. 2020.
- NOGUEIRA, B. **Escaneamento extraoral para análise facial na odontologia**. Tese de doutorado—Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”: [s.n.].
- POJDA, D. et al. Integration and Application of Multimodal Measurement Techniques: Relevance of Photogrammetry to Orthodontics. **Sensors**, v. 21, n. 23, p. 8026, 1 dez. 2021.
- REGINALDO, I. Universidade Federal De Santa Catarina Campus Florianópolis Centro De Ciências Da Saúde Departamento De Odontologia Curso De Odontologia. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/247227/TCC%20vers%C3%A3o%20final%20com%20mendeley%20com%20ajustes%20da%20banca%20%283%29%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 17 set. 2023.
- STUANI, V. T. et al. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. **Medical Hypotheses**, v. 128, p. 43–49, jul. 2019.
- SALAZAR-GAMARRA, R. et al. Monoscopic photogrammetry to obtain 3D models by a mobile device: a method for making facial prostheses. **Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery**, v. 45, n. 1, 25 maio 2016.
- ZOTTI, F. et al. Digital Dental Models: Is Photogrammetry an Alternative to Dental Extraoral and Intraoral Scanners? **Dentistry Journal**, v. 10, n. 2, p. 24, 7 fev. 2022.