



UNESP - Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Nicolas Nicchio Nicolini Calazans

Avaliação in vitro da acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos

ARARAQUARA

2022



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Nicolas Nicchio Nicolini Calazans

Avaliação in vitro da acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araraquara, para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Periodontia.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Leal Zandim-Barcelos

Coorientador: Prof. Dr. Fausto Frizzera Borges Filho

ARARAQUARA

2022

C143a Calazans, Nicolas Nicchio Nicolini
Avaliação in vitro da acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos / Nicolas Nicchio Nicolini Calazans. -- Araraquara, 2022
62 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientadora: Daniela Leal Zandim-Barcelos
Coorientador: Fausto Frizzera Borges Filho

1. Implantação Dentária. 2. Cirurgia assistida por computador. 3. Tomografia. I. Título.

Nicolas Nicchio Nicolini Calazans

Avaliação in vitro da acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos

Comissão julgadora

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Odontologia

Presidente e Orientadora: Profa. Dra. Daniela Leal Zandim-Barcelos

2º Examinador Prof. Dr. Marcelo Gonçalves

3º Examinador Prof. Dr. Rafael Silveira Faeda

Araraquara, 16 de março de 2022

DADOS CURRICULARES

Nicolas Nicchio Nicolini Calazans

NASCIMENTO: 20/12/1994 – Colatina – Espírito Santo

FILIAÇÃO: Richard Nicolini Calazans e Maria Brunella Nicchio

2016 – 2020: Curso de Graduação

FAESA Centro Universitário

2020 – 2022 - Curso de Pós-Graduação em Odontologia

Área de concentração em Periodontia – Nível Mestrado - Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr) - Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Dedico aos meus pais,

Richard Nicolini e Maria Brunella Nicchio

Pelo apoio, confiança, suporte e amor que vocês me dão todos os dias. Por vocês sempre terem acreditado em mim quando mudei da engenharia para a odontologia, o incentivo de vir morar em outro estado, abraçando meu sonho como se fosse o de vocês. Vocês são tudo para mim, o meu maior prazer é poder orgulhá-los, somente palavras não expressam o amor incondicional que sinto por vocês.

TE AMO PAI E MÃE!

Agradeço Especialmente,

À **Deus** por ter permitido que mais esse sonho se concretizasse, me dando saúde e força nessa jornada.

Aos **meus pais**, por sempre confiarem em minhas decisões e desejarem o melhor pra mim, pela compreensão em não poder estar presente em momentos importantes de suas vidas e pelo carinho que recebo apesar da distância. Sou grato a vocês por tudo que sou e conquistei.

À minha **família**, que é sinônimo de amor e união. Obrigado por sempre acreditarem nos meus sonhos e me apoiarem incondicionalmente em todos os momentos. Principalmente, por estarem presentes e acalentarem os corações dos meus pais quando não posso estar. Sem vocês, eu não chegaria até aqui. Obrigado!

À **Profa. Dra. Daniela Leal Zandim-Barcelos**, minha orientadora, pela oportunidade de realizar este trabalho. Obrigado por me atender com toda paciência todas as vezes que tive dúvidas e por acreditar em mim. Agradeço, por todos os ensinamentos compartilhados que me guiaram nos primeiros passos da pós-graduação.

Ao **Prof. Dr. Fausto Frizzera Borges Filho**, meu co-orientador, pelas contribuições dadas durante todo o processo de desenvolvimento desta pesquisa, por ter me guiado durante toda minha jornada na odontologia até este momento da pós-graduação. Agradeço especialmente por ter acreditado em mim, sempre me pressionando e me dando oportunidades, me fazendo crescer como pessoa e profissional.

Ao **Prof. Dr. Elcio Marcantonio Junior**, que me concedeu oportunidades e pelos ensinamentos sobre os assuntos mais diversos na

odontologia, por ter me acolhido e ter feito me sentir em casa durante todos os cursos que acompanhei, ter se importado comigo em momentos difíceis da minha vida. Serei eternamente grato a você!

À **Ingra Nicchio**, minha prima, que considero como uma irmã, que é minha inspiração e me incentivou a seguir esse caminho acadêmico na odontologia, por me ajudar em todos os momentos que precisei, pelo companheirismo diário, fazendo meu dia ser muito mais feliz. Muito obrigado por tudo!

Aos meus amigos **Gabriel Garcia e Paula Henriques**, que são como minha família em Araraquara, que me acolheram com maior prazer, só tenho a agradecer pela parceria em todos os momentos, desde a montagem do meu apartamento até as comilanças! Vou levar a amizade de vocês para o resto da minha vida. Muito obrigado por tudo que fizeram por mim!

Aos meus amigos **Gabriel Barsaglini e Nicole Iplinsky** que se tornaram grandes amigos durante a minha estadia em Araraquara, me apoiando nos estudos, curtindo bons momentos juntos, e até se tornando meus vizinhos. Muito obrigado por ter me deixado me aproximar de vocês! Vocês jamais serão esquecidos.

Ao meu amigo **Guilherme Salarolli**, que foi minha dupla na graduação e desde então sempre me apoiou no caminho que eu segui, trocamos ideias sobre tudo, contamos as experiências ajudando um ao outro apesar da distância, sou grato a você! Grande abraço.

Aos meus primos **João Vitor Nicchio e Jorge Luiz Nicchio Filho**, que também são meus irmãos, por estar sempre do meu lado em todos os momentos, sejam eles ruins ou bons, por sempre termos boas conversas sobre a vida, objetivos, vitórias e derrotas, sem a presença e

apoio de vocês na minha vida com certeza as coisas seriam diferentes. Muito obrigado pela companhia de vocês!

Aos meus amigos **Felipe Lorenzoni, Lucas Torres, Ygor Belato**, que sempre me apoiam desde a infância, me incentivam, parabenizam, e até brigam sempre quando necessário, admiro o tipo de pessoa que vocês se tornaram, grande parte da pessoa que sou hoje foi graças a vocês. Só tenho a agradecer por vocês estarem ao meu lado tanto nos bons momentos quanto nos momentos mais difíceis da minha vida. Muito obrigado por terem me acompanhado por essa longa jornada da vida!

Ao **Victor Gonçalves** pela grande amizade, ensinamento, bons momentos curtidos em Araraquara e por auxiliar na minha pesquisa ao realizar todos os exames necessários.

Aos **amigos** que conquistei em Araraquara por todos os momentos felizes que vivi e por todo o apoio. Pessoas que espero levar para o resto da vida. Obrigado!

A empresa **S.I.N. Implant System** pela confiança no meu trabalho e ter fornecido todo o material que foi utilizado na minha pesquisa.

Agradeço,

À **Faculdade de Odontologia de Araraquara (UNESP)**, na pessoa de seu diretor, Prof. Dr. Edson Alves de Campos, pelas condições oferecidas para a realização desta pesquisa.

Ao **Coordenador** do Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Periodontia, Prof. Dr. Paulo Sergio Cerri, e a todos os docentes do Curso de Pós-Graduação da Área de Periodontia, pela excelente formação, dedicação, competência e empenho em suas atividades

À CAPES: o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Aos Docentes da Disciplina de Periodontia desta faculdade, **Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli, Prof. Dr. Elcio Marcantonio Junior, Profa. Dra. Rosemary Adriana Chiéricsi Marcantonio, Prof. Dr. Carlos Rossa Junior e Profa. Dra. Daniela Leal Zandim-Barcelos**, que colaboraram com a minha formação.

A todos os **funcionários** da Disciplina de Periodontia, em especial, a Isa e a Su que me ajudaram sempre quando eu precisei.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford.

Nicchio NNC. Avaliação in vitro da acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

RESUMO

A necessidade de substituir um dente logo após a sua extração tem sido observada com frequência. Os implantes imediatos vieram para suprir essa demanda e novas tecnologias que possibilitam a realização do planejamento cirúrgico virtual surgiram, aumentando a previsibilidade do procedimento cirúrgico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia da técnica cirúrgica parcial e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos e comparar duas diferentes metodologias de análise de desvios no posicionamento dos implantes. Dez mandíbulas de porco foram selecionadas para a instalação de 20 implantes em alvéolos frescos. Duas técnicas cirúrgicas foram avaliadas: parcialmente guiada (PG) e totalmente guiada (TG). As tomografias computadorizadas e os escaneamentos das mandíbulas foram realizadas previamente e posteriormente à instalação dos implantes para possibilitar o planejamento virtual e a confecção das guias, assim como para avaliar desvios no posicionamento dos implantes. Duas metodologias foram utilizadas para análise dos desvios: tomográfica e escaneamento digital. Na análise tomográfica, constatou-se que o desvio global apical e de profundidade foram significativamente maiores na técnica PG do que na TG. Já na análise por escaneamento, a técnica PG apresentou um desvio global apical, lateral apical e angular significativamente maiores que a TG. Quando comparadas as duas metodologias de análise dos desvios, observou-se uma diferença significativa entre as mesmas no desvio de profundidade. Conclui-se que a técnica TG apresenta maior acurácia no posicionamento dos implantes imediatos em alvéolos frescos do que a PG. Com relação as metodologias para análises de desvio, um menor desvio na profundidade foi observado com a análise tomográfica. Porém, mais estudos são necessários para determinação da melhor metodologia de análise a ser aplicada.

Palavras – chave: Implantação Dentária. Cirurgia assistida por computador. Tomografia.

Nicchio NNC. In vitro assessment of the accuracy of partially and fully guided surgical technique for immediate implant installation in alveolar sockets [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

ABSTRACT

The need to replace a tooth soon after its extraction has been frequently observed. Immediate implants came to meet this demand and new technologies that allows the realization of virtual surgical planning have emerged increasing the predictability of the surgical procedure. The aim of the present study was to assess the accuracy of partially and fully guided surgical technique for the installation of immediate implants in alveolar sockets, and to compare two different methodologies for implant position deviations analysis. Ten pig jaws were selected to install 20 implants in fresh alveolar sockets. Two techniques were assessed: Partially guided (PG) and Fully guided (FG). Computed tomography and digital scan were performed before and after the surgical procedure to enable the virtual implant position planning and the surgical guide fabrication, as well as to determine implant position deviations. Two methods were used to evaluate implant deviations: tomographic and digital scanning. In the tomographic analysis, the PG technique resulted in significantly higher global apical and depth deviations than the FG technique. The analysis performed using digital scanning showed significantly higher global apical, lateral apical and angular deviations with the PG technique than with the FG. When comparing the two methodologies used for implant deviation analysis, there was a statistically significant difference between them in the depth deviation. It was concluded that the FG technique provided more accuracy for the installation of immediate implants in fresh alveolar sockets than the PG technique. Regarding the methodologies used for implant deviation analysis, a significantly lower implant depth deviation was observed with the tomographic analysis. However, more studies are necessary to confirm the best methodology to be used for implant deviation analysis.

Keywords: Dental Implantation. Surgery, Computer-Assisted. Tomography.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 PROPOSIÇÃO	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 PUBLICAÇÃO	17
4 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A - MATERIAL E MÉTODOS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Os avanços na tecnologia de implantes dentários contribuíram para o aumento de suas taxas de sucesso e sobrevivência, tornando-os uma opção viável e segura no tratamento odontológico¹. No início da Implantodontia, usava-se apenas exames radiográficos convencionais, com imagem bidimensional, no planejamento da instalação dos implantes². Assim, a avaliação da disponibilidade óssea para adequado posicionamento do implante não era segura. Atualmente, os métodos de diagnóstico e planejamento evoluíram muito, com imagens tridimensionais de alta qualidade, possibilitando uma melhor e mais precisa avaliação do tecido ósseo, estruturas anatômicas, e a realização de um planejamento virtual, o que aumentou a previsibilidade dos procedimentos com utilização de implantes dentários^{3,4}.

Com o desenvolvimento do planejamento virtual e instalação de implantes de maneira guiada, foi possível obter um posicionamento tridimensional mais apropriado, facilitando a instalação de implantes e reduzindo a margem de erro durante o procedimento cirúrgico⁵. Apesar dos implantes apresentarem altas taxas de sobrevivência, o sucesso da terapia depende significativamente de uma posição tridimensional adequada. Implantes mal posicionados podem causar danos às estruturas vitais e nobres. Além disso, um mal posicionamento do implante pode resultar em complicações estéticas, biológicas e técnicas, e, em situações extremas, a reabilitação protética desejada pode se tornar impossível⁶.

A reabilitação imediata com implantes se tornou um procedimento mais frequente na prática clínica, principalmente devido à evolução da Odontologia e maior exigência do paciente. Esse procedimento permite uma redução no número de cirurgias, no tempo de tratamento e custo, além de manter o contorno gengival e aumentar a aceitação do paciente ao tratamento. Entretanto, a instalação de implantes em alvéolos é uma técnica complexa que demanda experiência clínica e disponibilidade óssea para um prognóstico mais previsível^{7,8}.

O rebordo alveolar sofre alterações clínicas e biológicas depois de uma extração dentária, o que resulta na reabsorção do tecido mole e duro. Essa reabsorção pode ser minimizada com a realização de enxertos nessa região⁹. Dessa forma, ao instalar implantes em alvéolos, busca-se um “gap” de 2 a 3 mm entre o implante e a

tábua óssea vestibular para que esse espaço possa ser preenchido com biomaterial, tornando o tecido peri-implantar mais estável em longo prazo¹⁰. Caso essa distância não seja preservada e a área devidamente enxertada, uma deiscência óssea vestibular pode ocorrer após a cicatrização do alvéolo e, conseqüentemente, uma recessão peri-implantar. Outro fator que pode levar à recessão da margem peri-implantar é a instalação de implantes na posição tridimensional inadequada, principalmente em uma posição mais para vestibular e para apical. A instalação de implantes em alvéolos é um procedimento mais difícil que a instalação de implantes em um rebordo cicatrizado. A anatomia de um alvéolo pode provocar o desvio do implante para vestibular ou, então, o cirurgião pode instalar o implante mais para apical com objetivo de tentar aumentar sua estabilidade primária¹¹.

Na técnica cirúrgica totalmente guiada, o planejamento virtual dos implantes é transferido para o paciente por meio de um guia cirúrgico impresso (fabricado pela técnica de manufatura aditiva). Esse procedimento auxilia não só na instalação e angulação do implante, mas também no diagnóstico e planejamento, já que é possível observar toda a região de tecidos ósseos e elementos dentários em um modelo virtual tridimensional e em cortes tridimensionais, além da área intra-bucal que foi escaneada, permitindo um tratamento adequado e individualizado para cada ocasião¹². Com a manufatura do guia cirúrgico resultante do planejamento prévio, uma cirurgia sem retalho pode ser realizada. Essa técnica permite a preservação de suprimento sanguíneo ao osso e tecido mucoso, diminuindo o risco de reabsorção da crista óssea vestibular. Além disso, quando o planejamento virtual é realizado adequadamente, o risco da ocorrência de uma recessão gengival devido ao mal posicionamento do implante é reduzido, principalmente em pacientes de fenótipo gengival fino¹³. Denominada manufatura aditiva, a impressora 3D produz peças tridimensionalmente precisas da estrutura estudada, facilitando a execução do procedimento previamente planejado¹⁴.

O procedimento guiado para instalação de implantes também pode ser realizado para instalação de implantes imediatos em alvéolos dentários. Nestas situações, o benefício para os cirurgiões é ainda maior tendo em vista que a instalação do implante na sua posição ideal é bastante crítica em alvéolos, principalmente quando o procedimento é feito puramente à mão livre⁸. Esse tipo de cirurgia resulta em uma melhor cicatrização tecidual e maior conforto ao paciente, além de reduzir o

risco de infecção no pós-cirúrgico, graças à realização de um procedimento menos invasivo com tempo de cirurgia diminuído¹⁵.

Apesar da técnica cirúrgica totalmente guiada ter ganhado popularidade na prática clínica para instalação de implantes, a acurácia desta técnica ainda não está totalmente determinada, principalmente para a instalação de implantes imediatos em alvéolos. Assim, este estudo teve como objetivo principal avaliar a acurácia das técnicas cirúrgicas parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos. Além disso, duas metodologias de análise de desvio do posicionamento do implante foram avaliadas. A hipótese deste estudo foi que os implantes colocados de maneira totalmente guiada teriam menor desvios do que os implantes colocados de maneira parcialmente guiada.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a acurácia da técnica cirúrgica parcialmente e totalmente guiada para instalação de implantes imediatos em alvéolos e comparar duas diferentes metodologias de análise de desvios no posicionamento final dos implantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar a acurácia do posicionamento dos implantes instalados pela técnica totalmente guiada e parcialmente guiada;
- Comparar os valores de desvios dos implantes obtidos com duas diferentes metodologias de análise.

3 PUBLICAÇÃO*

In vitro assessment of the accuracy of partially and fully guided surgical technique for immediate implant placement in alveolar sockets

Nicolas Nicchio Nicolini¹, Victor Gonçalves¹, Fausto Frizzera, Daniela Leal Zandim-Barcelos¹

1. Department of Diagnosis and Surgery, São Paulo State University – UNESP, School of Dentistry at Araraquara, Araraquara, SP, Brazil
2. Full professor of Periodontics and Implant Dentistry at FAESA, Espírito Santo, Brazil.

Corresponding Author:

Daniela Leal Zandim-Barcelos

Department of Diagnosis and Surgery, School of Dentistry at Araraquara, São Paulo State University – UNESP

Humaita 1680, 14801-903 - Araraquara, São Paulo, Brazil;

Email: daniela.zandim-barcelos@unesp.br

* Artigo redigido segundo as normas do periódico *Journal of Prosthetic Dentistry* para qual pretende-se submeter.

Abstract

The need to replace a tooth soon after its extraction has been frequently observed. Immediate implants came to meet this demand and new technologies that allows the realization of virtual surgical planning have emerged increasing the predictability of the surgical procedure. The aim of the present study was to assess the accuracy of partially and fully guided surgical technique for the installation of immediate implants in alveolar sockets, and to compare two different methodologies for implant position deviations analysis. Ten pig jaws were selected to install 20 implants in fresh alveolar sockets. Two techniques were assessed: Partially guided (PG) and Fully guided (FG). Cone-beam computed tomography and digital scan were performed before and after the surgical procedure to enable the virtual implant position planning and the surgical guide fabrication, as well as to determine implant position deviations. Two methods were used to evaluate implant deviations: tomographic and digital scanning. In the tomographic analysis, the PG technique resulted in significantly higher global apical and depth deviations than the FG technique. The analysis performed using digital scanning showed significantly higher global apical, lateral apical and angular deviations with the PG technique than with the FG. When comparing the two methodologies used form implant deviation analysis, there was a statistically significant difference between them in the depth deviation. It was concluded that the FG technique provided more accuracy for the installation of immediate implants in fresh alveolar sockets than the PG technique. Regarding the methodologies used for implant deviation analysis, a significantly lower implant depth deviation was observed with the tomographic analysis. However, more studies are necessary to confirm the best methodology to be used for implant deviation analysis.

Keywords: Dental Implantation. Surgery, Computer-Assisted. Tomography.

Introduction

Advances in implant dentistry have contributed to increase the success and survival rates of dental implants, making them a viable and safe option for oral rehabilitation¹. At the beginning of implantology, only conventional radiographic exams with two-dimensional images were used in the treatment planning for implant placement². Thus, the assessment of residual bone for optimal implant positioning was not safe. Currently, great advances in digital technology have emerged, with high-quality three-dimensional (3D) images, enabling a more accurate assessment of bone tissue, anatomical structures, soft tissue of the alveolar ridge and teeth; and the virtual pre-operative implant positioning, which increases the predictability of the results³⁻⁵. The long-term success of an implant-retained prosthesis is remarkably influenced by the appropriate 3D position of the implants. Furthermore, malpositioned implants can damage vital and noble structures and result in esthetic, biological and technical complications. In extreme situations, the desired prosthetic rehabilitation may become impossible⁶.

Immediate rehabilitation with dental implants has become a frequent procedure in clinical practice, mainly due to the evolution of implant dentistry and to the patient demand. This procedure allows a reduction in the number of surgical interventions, treatment time and cost, and maintains the gingival contour, which increases patient acceptance of the treatment. However, implant placement into fresh alveolar sockets is a complex procedure that demands clinical experience and bone availability for a more predictable prognosis^{7,8}. The procedure of implant placement in alveolar sockets is more difficult than the implant insertion in a healed ridge. The anatomy of an alveolar socket can cause the implant deviation to the buccal direction, or the surgeon can install the implant more apically in an attempt to increase its primary stability⁹. For this reason, the guided surgical technique has been more often used for immediate implant placement after tooth extraction.

In the fully guided surgical technique, the virtual planning of the implants position is transferred to the patients through a printed surgical guide (manufactured by the additive manufacturing technique). This technique helps the professional during the diagnosis and treatment planning, since it is possible to observe the entire region of bone tissue and dental elements in a 3D virtual model and 3D planes, in addition to

the intra-oral area that was scanned, allowing an adequate and individualized treatment for each clinical situation¹⁰. With the manufacture of the surgical guide resulting from previous planning, a flapless surgery can be performed. This technique allows the preservation of blood supply to the bone and mucosal tissue, decreasing the risk of buccal bone crest resorption. When the virtual planning is properly performed, the risk of marginal recession due to malpositioned implant is reduced, especially in patients with thin gingival phenotype¹¹. As a less invasive surgical procedure, this technique reduces the risk of infection and the postoperative period, and provides better tissue healing and greater patient comfort^{12,13}.

Although the use of fully guided surgical technique is gaining popularity for implant placement, the accuracy of this technique has not been fully determined, mainly for immediate implant placement. The aim of the present study was to assess the accuracy of partially and fully guided surgical technique for the installation of immediate implants in alveolar sockets. In addition, two different methodologies for implant position deviation analysis were evaluated. The hypothesis of this study was that implants placed with the fully guided surgical technique will result in higher accuracy of implant placement when compared to the partially guided surgical technique.

Material and Methods

Ten pig jaws, with approximately 100 kg, were used for the installation of twenty Epikut Morse taper implants (S.I.N. Implant System; São Paulo, Brazil) of 3.5 x 13 mm. In the present randomized study, the implants were installed on both sides of the mandible using the partially guided technique (PG) or the fully guided technique (FG).

Virtual planning and Surgical guide manufacture

Initially, a cone-beam computed tomography (CBCT) scan (Scanora 3Dx; KaVo Kerr, Biberach an der Riss, DE) of each mandible was performed using the following

parameters: Field of view = 80x100 mm; Kilovolt = 90kV; Milliamperage = 10 mA; Exposure time = 6 seconds. With the completion of the computed tomography, several Digital Imaging Communications in Medicine (DICOM) files were generated to visualize all the mandibular slices (coronal, sagittal and axial) and a three-dimensional reconstruction of the exam was performed.

Subsequently, digital scanning of the mandible was performed to generate an STL file (iTero v2.0; Invisalign, Align Technology, Santa Clara, CA, EUA). Based on the DICOM and STL files, the virtual implant position planning and the surgical guides were completed by the same investigator using the Blue Sky Plan v.4.8 software (Blue Sky Bio; Illinois, USA).

First, the occlusal plane of the mandible was aligned in a such way that it was parallel to the horizontal plane, as well as to the lower right and left edges of the mandible. Subsequently, the STL file of the scan was imported and aligned with the DICOM files. After alignment, the implant was positioned in the alveolar socket of the second premolar. The direction and positioning of the implant were determined by the long axis of the second premolar distal root. The implant was planned with an apical anchorage of at least 3 mm in the buccal cortical bone and was positioned 2 mm apically to the crestal bone. A “gap” of 2 and 3 mm was kept between the implant and the lingual cortical bone (Figure 1). After the virtual planning of the correct 3D implant position, the manufacturing of the surgical guide was started. For each implant installed, a surgical guide was made. Thus, two independent surgical guides were produced for each mandible.

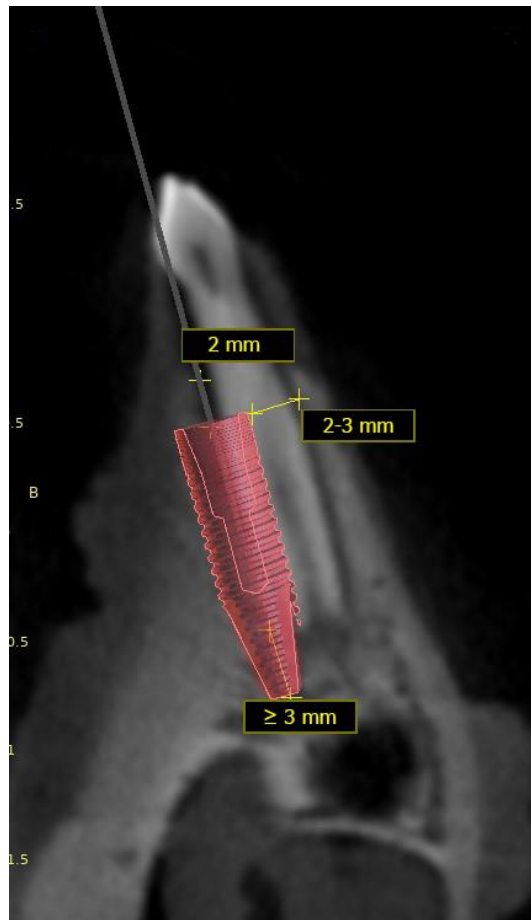


Figure 1: Implant position in virtual planning.

The surgical guide was supported by all adjacent teeth and three fixation pins (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brazil). The pins were horizontally positioned in a such way that they formed a polygon if they were connected together in order to provide greater stability (Figure 2). Subsequently, the guide was printed on resin (FH1100; Flashforge Corporation, Zhejiang, CN) using a 3D printer (FlashforgeHunter; Flashforge Corporation, Zhejiang, CN) (Figure 3). After printing, the guide was rinsed in running water and, subsequently, immersed in isopropyl alcohol for 5 minutes (Implastec, São Paulo, Brazil). Excess of resin was removed with the aid of a gauze and a brush by means of friction. The guide cure was performed in a curing oven (dOne 3D, São Paulo, Brazil) and four sleeves compatible with the implant system used were adapted by pressure on the surgical guides, three referring to the fixation pins (AFG 14) and one for drilling and implant placement (AG 37) (Figures 4-5).

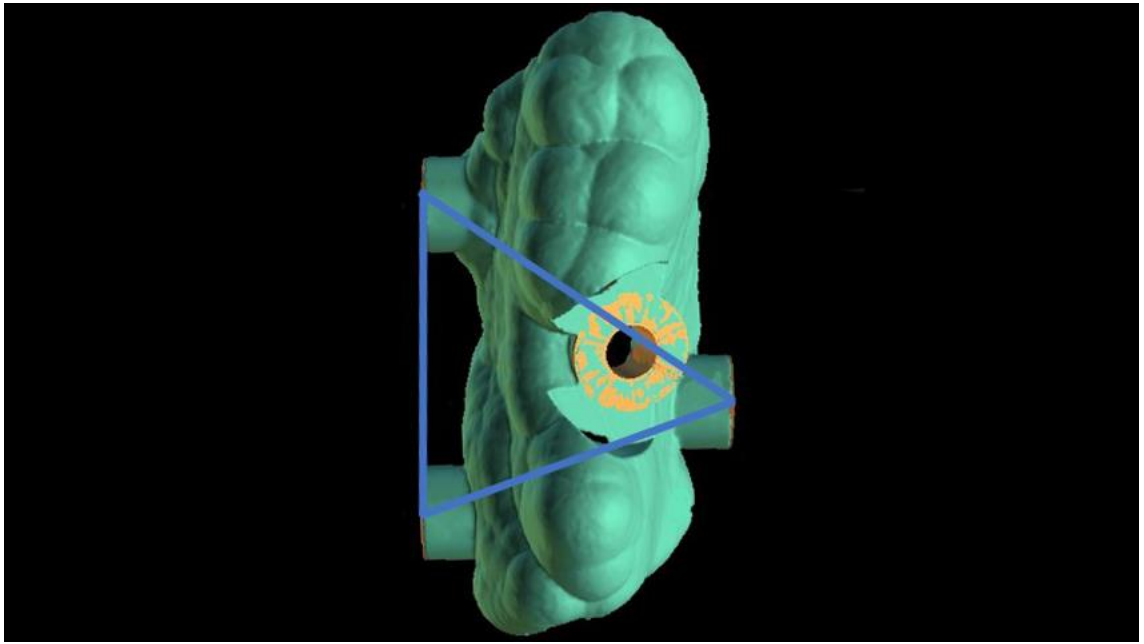


Figure 2: Virtual surgical guide planned so that the fixation pins formed a triangle.

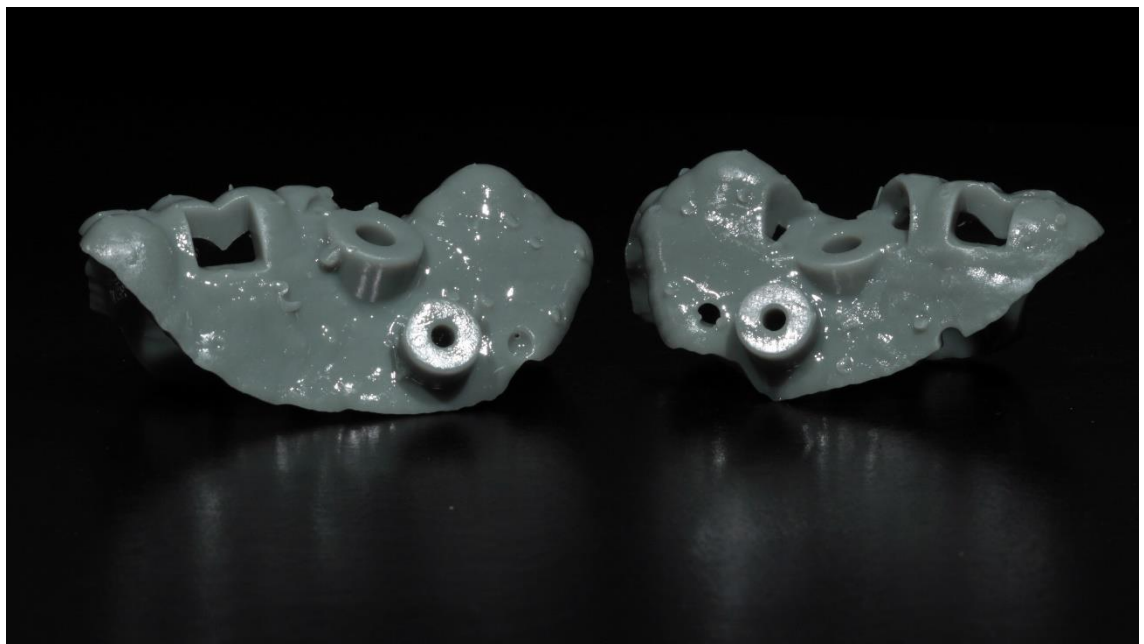


Figure 3: Surgical guide after removal of supports.

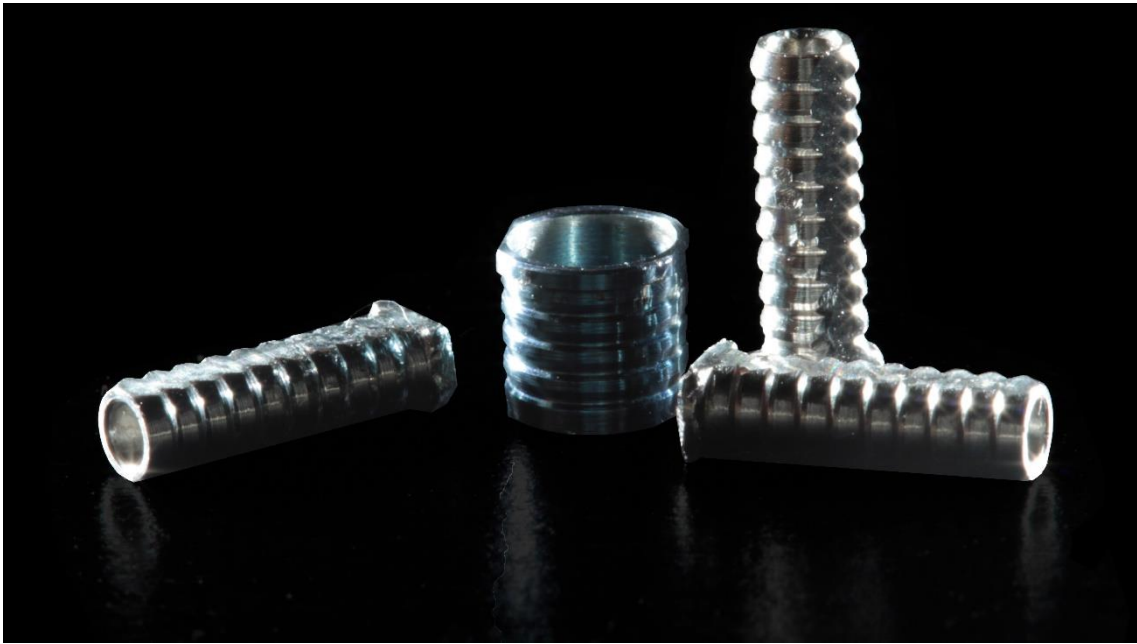


Figure 4: Sleeves that were adapted in the surgical guides.

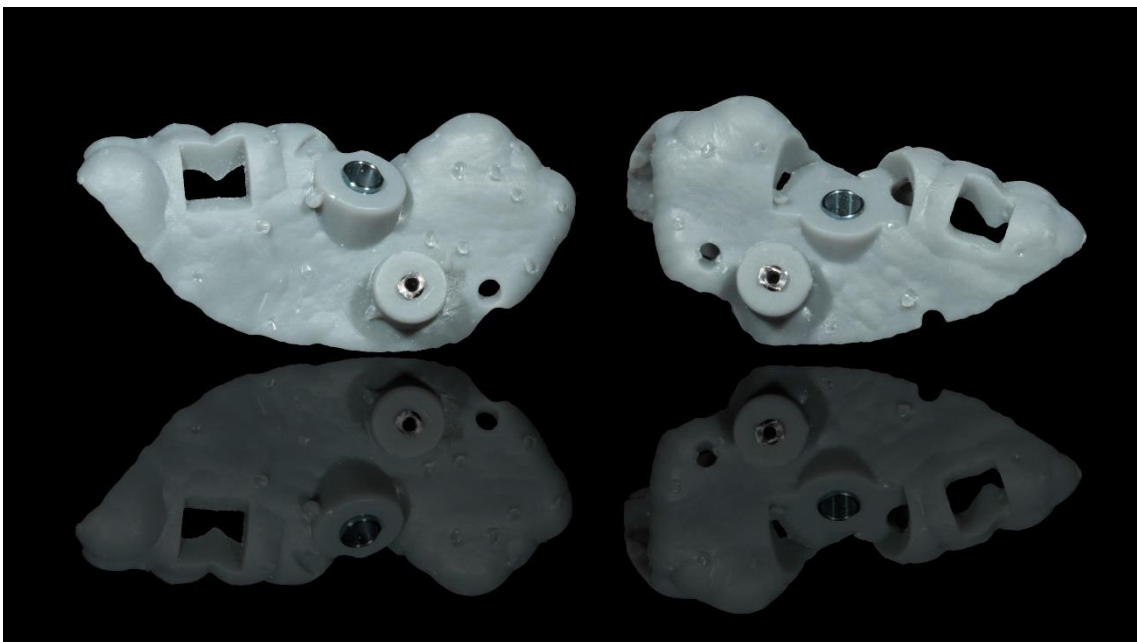


Figure 5: Final surgical guides with adapted sleeves.

Surgical Protocol

In the surgical stage, minimally traumatic extractions of the second premolars were performed to preserve the alveolar bone. Extraction began with an odontosection using a 701 bur (American Burrs, SC, Brazil) to separate the mesial and distal roots. Then, the roots were removed with forceps 151 (Quinelato, São Paulo, Brazil) (Figures 6-8). Fit and stability of the 3D surgical guide were verified prior to the implant placement surgery through tactile inspection and through the created window area on top of the teeth. Immediately after, drilling started under constant irrigation and following the correct sequence of drills: Ø1.3 mm drill for the fixation pin and pilot, Ø2 mm and Ø3 mm drills for implant placement (Figures 9-10). All perforations were performed through the surgical guide, but the implant insertion was done according to the surgery group.

In one side of the mandible the fully guided surgical technique was performed and in the contralateral side the partially guided surgical technique was done. The randomization of the groups was performed using the software Randomizer for Clinical Trial. When the fully guided surgical technique was used, the implant insertion was done through the 3D surgical guide (Figure 11). However, when the partially guided surgical technique was selected, the 3D guide was removed and the implant was freehand installed (Figure 12). After implant placement, the torque was measured with the aid of a torque wrench (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brazil). The implant surgeries were conducted by one experienced surgeon who was not involved in the digital planning of the implant position.



Figure 6: Pre-operative view of the mandible.

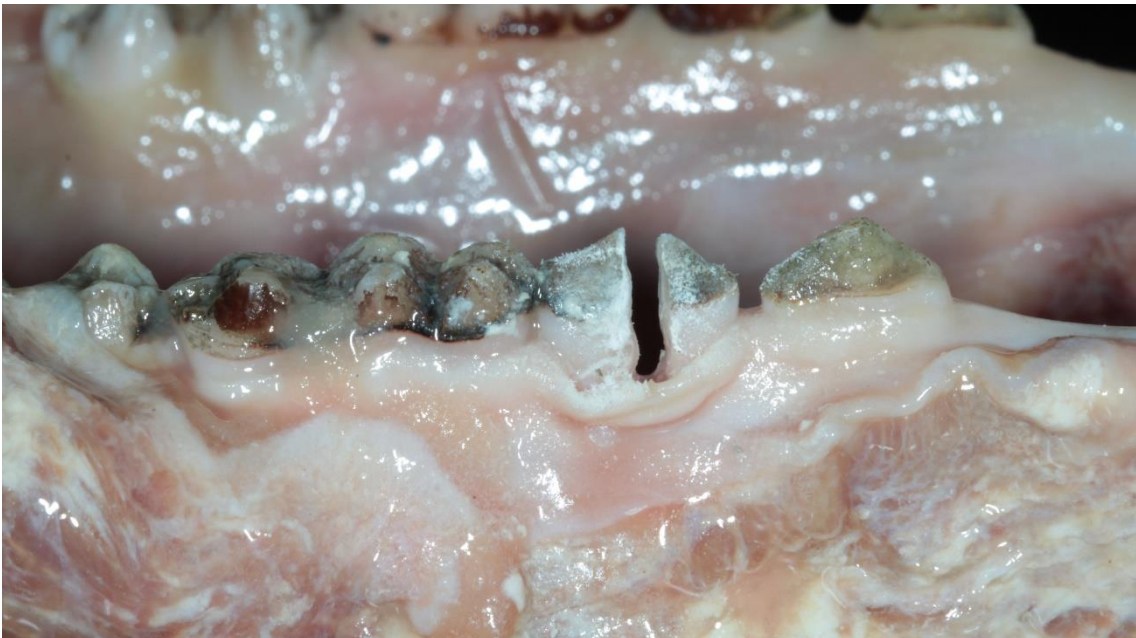


Figure 7: Odontosection of the second premolar.

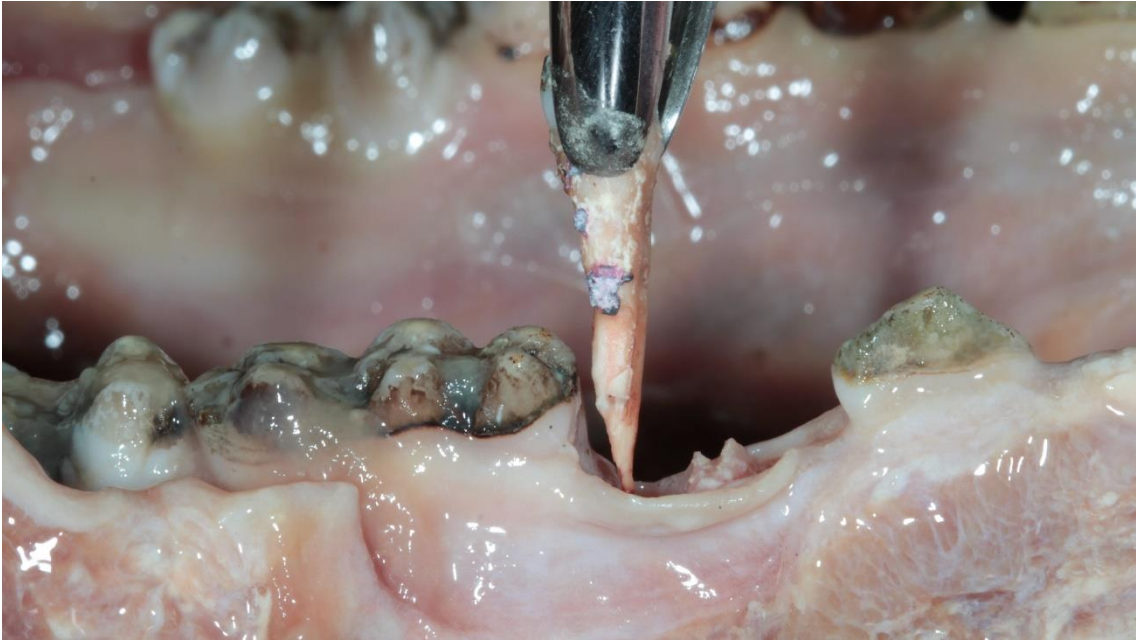


Figure 8: Atraumatic tooth extraction

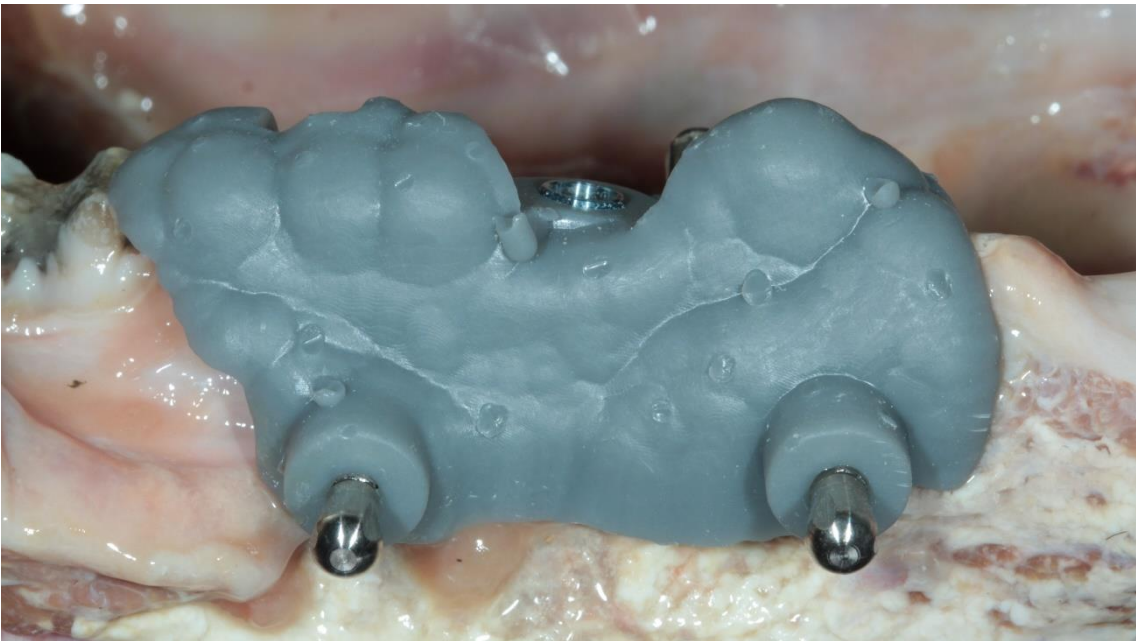


Figure 9: Surgical guide in position.

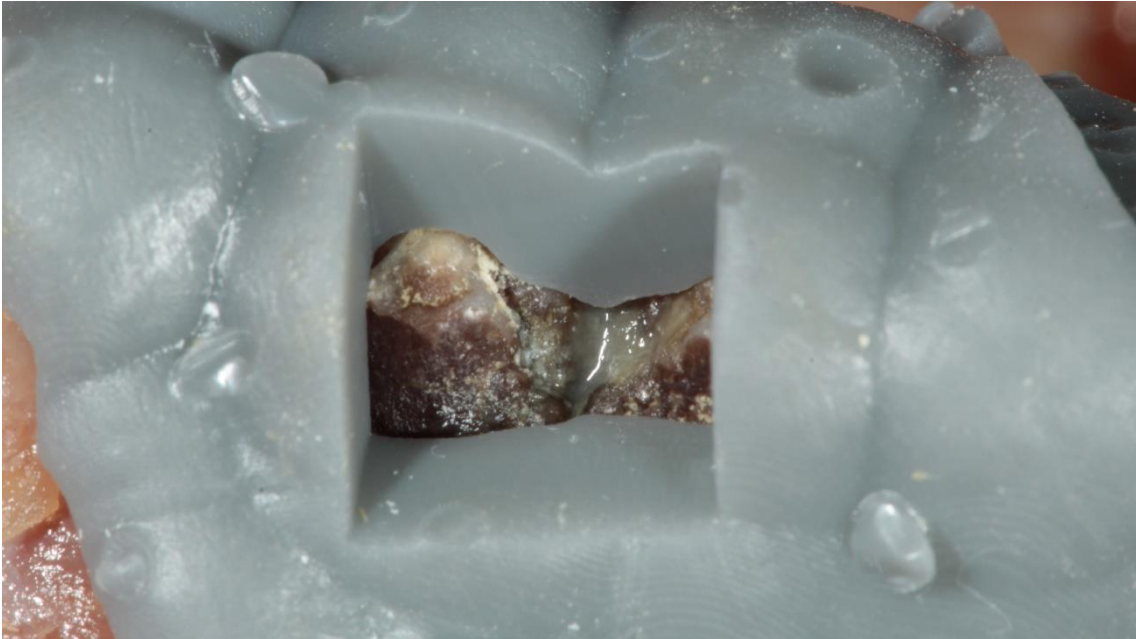


Figure 10: Properly fit of the surgical guide.

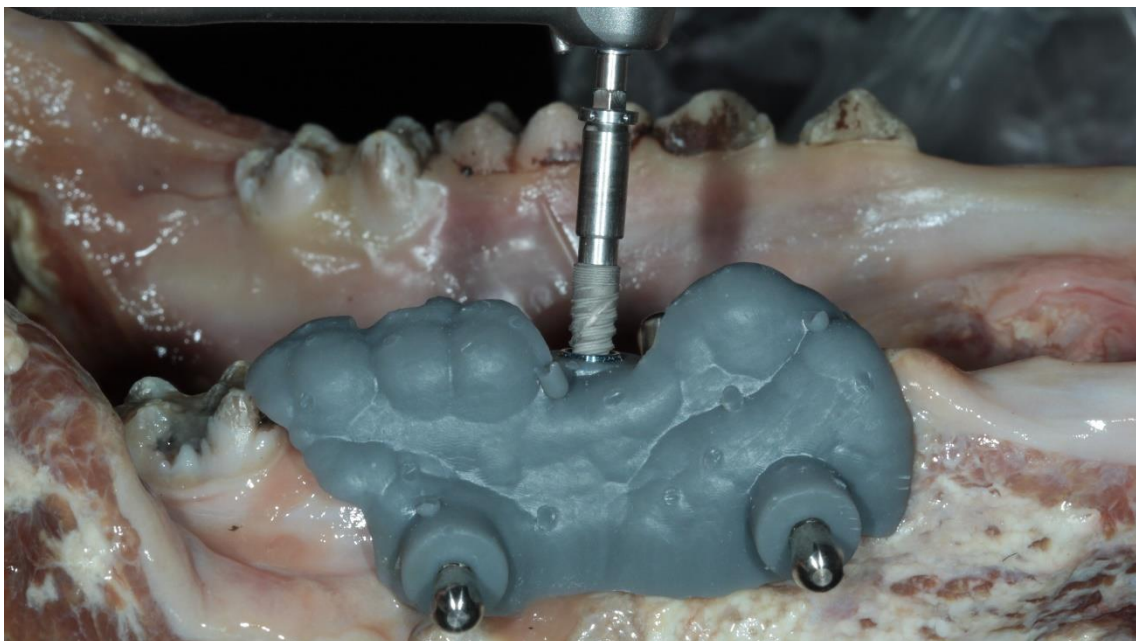


Figure 11: Implant installation in the FG group using the handpiece.

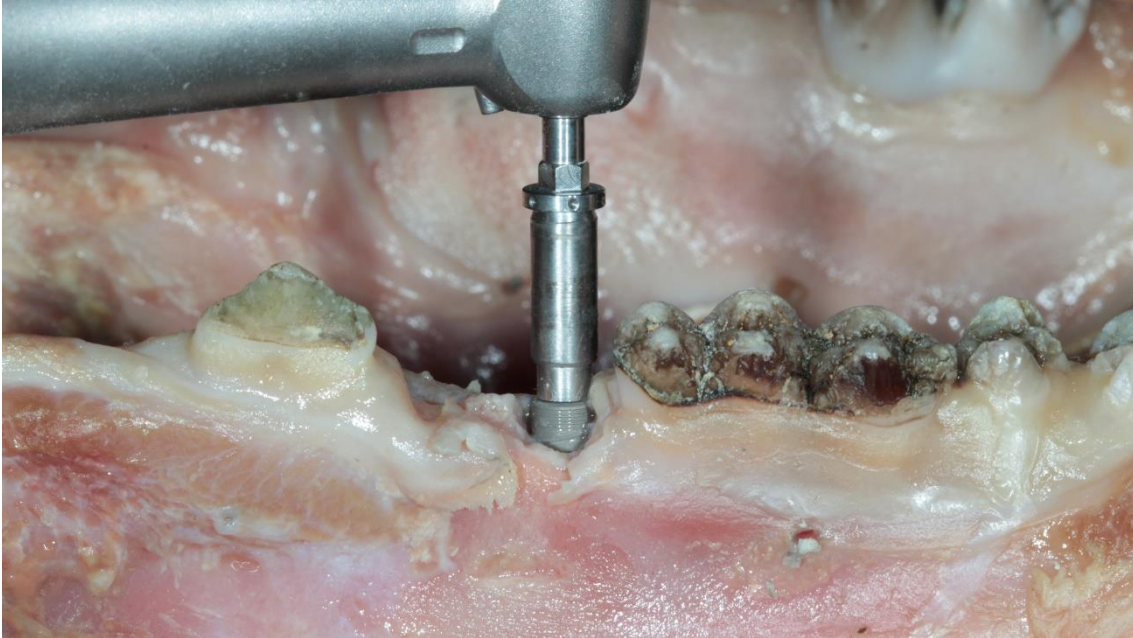


Figure 12: Implant installation in the PG group using the handpiece.

Implant deviation analysis

After the surgical procedure, a new CBCT scan was performed. In addition, a scan body (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brazil) was installed over the implants and a postoperative digital scanning was done. For the implant deviation analysis, the pre and postoperative DICOM files as well as the two mandibular scanings were superimposed using a specific software (Blue Sky Plan; Blue Sky Bio, Illinois, EUA). The measurement of global coronal, global apical, depth, lateral coronal, lateral apical and angular deviations was performed using the methods established by Li J. et. al.,¹⁴ (Figure 13). All measurements of deviation were performed by the same professional who conducted the virtual implant planning and the deviations obtained by DICOM files and STL files were compared.

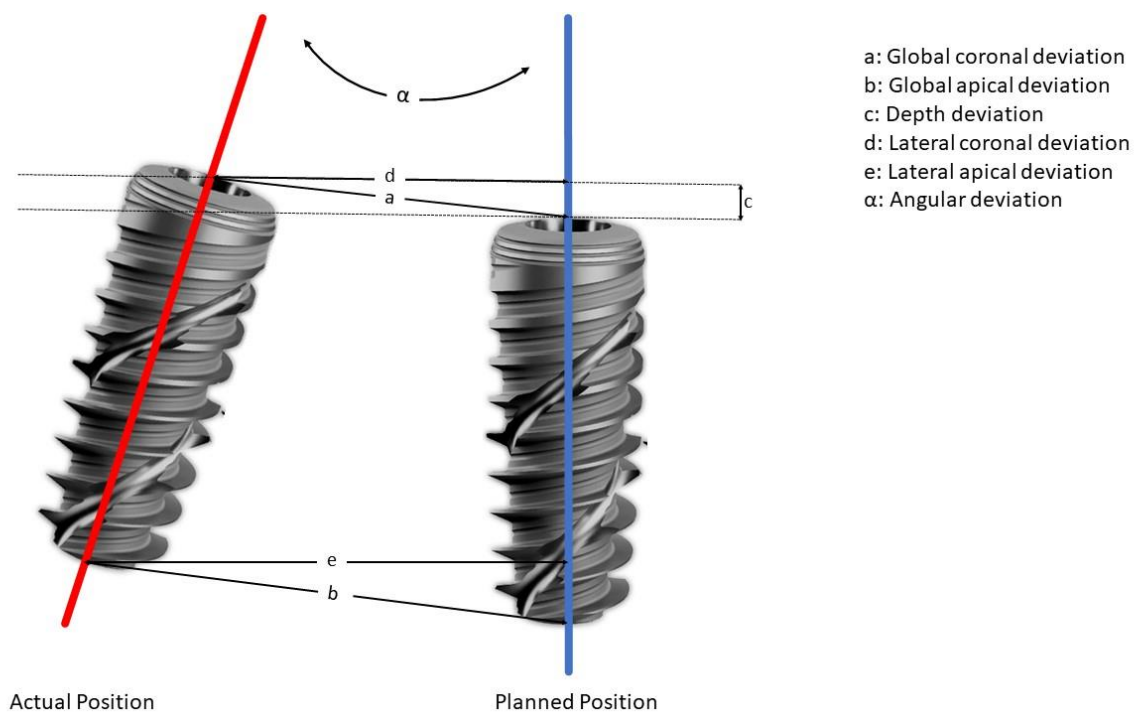


Figure 13: Deviation measurement method.

Statistical Analysis

The angular deviation was the primary variable of analysis in this study, therefore, the sample size calculation was performed using the angular deviation from the study by Lou et al.,¹⁵ where the accuracy of fully guided and partially guided surgery was compared. The deviations observed were 2.05 ± 0.45 in fully guided surgery and 3.16 ± 0.70 in partially guided surgery.

Data from CBCT analyzes and digital scanings related to implant deviations were submitted to the Shapiro-Wilk normality test. The test indicated normal distribution of data in both analyses. Thus, the parametric unpaired Student t test was used to identify differences between the fully guided and the partially surgical guided techniques and to compare the two methods used for assessing implant placement deviations. The GraphPad Prism 8 software (San Diego, CA, USA) was used to

perform the statistical analyzes of this study and all tests were applied with a confidence level of 95% ($p < 0.05$).

Results

A torque above 60N was obtained for all inserted implant. The implant positioning analyzes performed using DICOM files showed significant differences between the surgical techniques for the global apical deviation (PG = 2.25 ± 0.59 ; TG = 1.52 ± 0.89) and depth (PG = 0.95 ± 0.59 ; TG = 0.48 ± 0.29) (Table 1). On the other hand, the analyzes based on STL files showed significant differences between the surgical techniques for the global apical (PG = 2.49 ± 1.03 ; TG = 1.5 ± 0.58), lateral apical (PG = 2.16 ± 1.07 ; TG = 0.98 ± 0.67) and angular (PG = 6 ± 3.28 ; TG = 3.32 ± 1.84) deviations (Table 2). In general, the evaluated deviations favored the fully guided surgery technique. When the two methods used for assessing implant placement deviations were compared, a lower depth deviation was observed for the analyzes based on DICOM files.

Table 1. Deviation of implant position measured by DICOM files in the fully guided and partially guided surgery groups. Data were expressed as mean \pm standard deviation (SD) (95% IC)

Deviations	PG Group		FG Group	
	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI
Global coronal (mm)	1.38 (0.46)	1.05 - 1.71	1.04 (0.63)	0.59 - 1.50
Global apical (mm) *	2.25 (0.59)	1.82 - 2.67	1.52 (0.89)	0.87 - 2.16
Depth (mm) *	0.95 (0.59)	0.5 - 1.41	0.48 (0.29)	0.25 - 0.71
Lateral coronal (mm)	0.96 (0.55)	0.56 - 1.35	0.75 (0.52)	0.38 - 1.13
Lateral apical (mm)	1.94 (0.94)	1.26 - 2.62	1.25 (1.03)	0.50 - 1.9
Angular ($^{\circ}$)	4.73 (1.59)	3.59 - 5.87	4.01 (2.48)	2.23 - 5.78

PG: partially guided; FG: fully guided; SD: standard deviation; CI: confidence interval.

Statistical difference was observed between groups. * = $p < 0.05$.

Table 2. Deviation of implant position measured by STL files in the fully guided and partially guided surgery groups. Data were expressed as mean \pm standard deviation (SD) (95% IC)

Deviations	PG Group		FG Group	
	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI
Global coronal (mm)	1.46 (0.69)	0.97 - 1.96	1.17 (0.69)	0.68 - 1.67
Global apical (mm) *	2.49 (1.03)	1.75 - 3.23	1.5 (0.58)	1.09 - 1.92
Depth (mm)	1.06 (0.74)	0.52 - 1.59	0.87 (0.55)	0.47 - 1.27
Lateral coronal (mm)	0.84 (0.51)	0.47 - 1.20	0.66 (0.54)	0.27 - 1.05
Lateral apical (mm) **	2.16 (1.07)	1.39 - 2.92	0.98 (0.67)	0.49 - 1.46
Angular ($^{\circ}$) *	6 (3.28)	3.65 - 8.36	3.32 (1.84)	2 - 4.64

PG: partially guided; FG: fully guided; SD: standard deviation; CI: confidence interval.

Statistical difference was observed between groups. * = $p < 0.05$.

Discussion

The present study showed that the use of fully guided surgical technique results in significantly higher accuracy of implant position in alveolar sockets than the use of partially guided surgical technique. Therefore, our hypothesis was confirmed. The reduction of those deviations is clinically relevant allowing implant installation in areas with limited bone availability, such as resorbed alveolar ridges and, tight spaces between teeth and implant, avoiding future complications.

Our results are in accordance with previous studies^{11,16} that were made on human cadavers and compared the accuracy of implant placement using two different techniques in the anterior region of maxilla. Their results showed a significant apical, coronal and angular deviation, concluding that even with the use of a surgical guide, the implant tends to deviate. Despite the technique used to install the implant in the alveolar socket, we observed the highest deviation in the apical area of the implant (FG 1.5; PG 2.25 and 2.49 mm), followed by the coronal (FG 1.04 and 1.17; PG 1.38 and 1.46 mm) and depth deviations (FG 0.48 and 0.87; PG 0.95 – 1.06).

The study of Magrin et al.,¹⁷ showed significantly lower angular deviation in the guided surgery group than in the conventional group ($2.2 \pm 1.1^\circ$ and $3.5 \pm 1.5^\circ$, respectively) and no significant linear deviations were observed between the groups. In this study, the implants were placed in healed ridges. In the present study, we observed a significant difference in angular deviation between the fully and partially guided surgical technique only when the deviation analysis was performed based on STL files (PG = 6 ± 3.28 ; FG = 3.32 ± 1.84). Angular deviations may be the most critical parameter for prosthetic rehabilitation, peri-implant tissue long-term stability, and survival of the implant, since the biomechanical is directly related to implant position¹⁸. For that reason, the angular deviation was chosen to be the variable to calculate the sample size. In addition, inclination might have influence on linear deviations, especially in the apex of the implant that is the most likely area to damage noble structures. Since the surgeon doesn't have a view of this region of the implant, it is more difficult to correct any intraoperative miscalculation that was made¹⁹.

The systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials by Tattan et al.,²⁰ analyzed the outcomes of fully guided surgery compared to partially guided and free-handed implant placement. The accuracy of fully guided technique showed higher outcomes when compared to the other techniques, angular deviations were generally greater in free-handed ($6.90 \pm 4.40^\circ$ to $9.92 \pm 6.01^\circ$) than partially guided ($3.50 \pm 1.60^\circ$ to $8.43 \pm 5.10^\circ$) and fully guided ($2.20 \pm 1.10^\circ$ to $5.95 \pm 0.87^\circ$) implant placement. The linear deviations exhibited a less drastic but higher deviations on free-handed (coronal: 1.25 ± 0.62 to 2.77 ± 1.54 mm; apical: 2.10 ± 1.00 to 2.91 ± 1.52 mm) and partially guided (coronal: 1.12 ± 0.10 to 2.97 ± 1.41 mm; apical: 1.43 ± 0.18 to 3.40 ± 1.68 mm) than on fully guided (coronal: 0.54 ± 0.33 to 2.34 ± 1.01 mm; apical: 0.90 ± 0.43 to 2.53 ± 1.11 mm) implant placement. In general, these results are similar to our results. However, we had a great linear deviation that was expected since the implants were installed in alveolar sockets²¹. The variation of the deviations on the literature is great because it is used different analysis methodology, implant lengths, and sites that they were installed²².

Although the platform of the implant is not accessible during implant placement with the fully guided surgical technique, Younes et al.⁴ assessed greater depth deviation with the free-hand (0.50 ± 0.09 mm) and partially guided techniques (0.68 ± 0.09 mm) than with the fully guided technique (0.43 ± 0.09 mm), confirming our results.

Overall, systematic and meta-analyses studies^{20,23,24} have shown that the fully guided technique with the aid of a printed surgical guide is more accurate than the partially guided and free-handed techniques. However, even with this technique, a safety margin of at least 2 mm should be respected. The limitations of the fully guided surgical technique include higher costs, the need of a specific surgical kit and greater irrigation, difficulties during the osteotomy and the need of favorable mouth opening²⁰. In addition, the virtual planning needs to be carried out by a professional who has experience in implantology and in the visualization of three-dimensional images, since any error in the treatment planning can result in incorrect implant positioning^{25,26}. Deviation from the planned position can still occur due to imprecision while acquiring or processing radiographic imaging data, inaccuracy in the surgical guide fabrication, inadequate fit of the guide, guide movement during the surgery^{27,28}. The size of the implants and of the guides, the bone density and the site where the implant will be installed are factors that can also contribute to implant position deviation²⁹. Considering those factors, it's acceptable to say that sometimes the partially guided surgery is recommended, since this technique allows the surgeon to check the final drilling, the angulation, and depth that the implant is being installed, giving a chance to correct eventual deviations⁸.

El Kholly et al.,³⁰ investigated on human's jaw models the effect of surgical guide support and implant site location on the accuracy of fully-guided surgery with the aid of a printed surgical guide. Their results showed that guides supported by 4 teeth has the same efficiency that the guides supported by full-arch. Besides that, the guides that includes teeth with a larger occlusal area, mesial and distal tooth support in relation to the planned implant can be considered more effective. In our study, the large occlusal size of the pig teeth, the presence of adjacent teeth and the position of the fixation pins may contribute to the optimal surgical guide fit.

Naziri et al.²² carried out a study to assess the accuracy of computer-assisted implant insertion of 246 implants of different diameters, lengths and implant systems. They also analyzed if the implant length had an influence on the deviations. It was observed that implants with a length of 8-9 mm was significantly more accurate than those with 10-11 mm and 12-13 mm, mainly in apex deviations. The implant size of 13 mm can be considered one of the factors that explain the higher implants apex deviation observed in the present study compared to other studies^{16,31,32}.

The study from Noharet et al.,¹⁶ correlated the bone density from ex-vivo with in-vivo humans with implant deviations, and no relation was observed between them. In that way, it is possible to assume that the implant will always deviates to the side with fewer amount of bone that consequently offers less mechanical resistance despite of bone density. In addition, other studies³³⁻³⁵ comparing interspecies alveolar bone quality and density demonstrated that the pig bone morphology is similar to the human bone. Therefore, animals could be used in studies where bone is a mean to an end, such as studies involving implant placement.

In vitro and ex-vivo studies do not reproduce all the clinical factors that may impair the accuracy of the implant placement. In these studies, the guide becomes more stable due to the absence of the tongue and muscles, the lack of saliva, blood, movement of the patient, and the access to implant placement is increased, which favor the surgeon with a better view of the implant, especially when the implant is installed by free-hand^{29,36}. However, they can be considered valuable models to evaluate deviations in implant position. Data from these studies may influence the decision-making in clinical settings.

In this study, different methodologies were used to assess the deviation of the implants from the pre-operative virtual planned position. The analyses were made using DICOM and STL files, and significant differences were observed between them on the depth parameter. When the STL files were used to assess the deviations, more alignments had to be made, which may lead to a greater probability of error. However, based in our results, it is not possible to confirm that one methodology is better than the other for implant deviation analysis. More studies are necessary to validate the “gold standard” method for implant deviation measurement.

Conclusion

Within the limitations of the present study, the fully guided surgical technique resulted in more accurate implant positions than the partially guided surgical technique for implant placement in alveolar sockets. Regarding the methodologies used for implant deviation analysis, lower implant depth deviation was observed for the analyzes based on DICOM files than for the analyzes based on STL files. However, it is not possible to draw definite conclusions based in our results about the best methodology for implant deviation measurement.

References

1. Sun TM, Lee HE, Lan TH. Comparing Accuracy of Implant Installation with a Navigation System (NS), a Laboratory Guide (LG), NS with LG, and Freehand Drilling. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(6).
2. Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):150.
3. Deepanandan L, Karthikrajan G. Drill Bit Guiding System for Implant Placement. *Ann Maxillofac Surg*. 2018;8(2):230-3.
4. Younes F, Cosyn J, De Bruyckere T, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol*. 2018;45(6):721-32.
5. Pettersson A, Kero T, Gillot L, Cannas B, Faldt J, Soderberg R, et al. Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I. *J Prosthet Dent*. 2010;103(6):334-42.
6. Schneider D, Sancho-Puchades M, Mir-Mari J, Muhlemann S, Jung R, Hammerle C. A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Conventional and Computer-Assisted Implant Planning and Placement in Partially Edentulous Patients. Part 4: Accuracy of Implant Placement. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019;39(4):e111-e22.
7. Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(4):416-23.
8. Kraft B, Frizzera F, de Freitas RM, de Oliveira G, Marcantonio Junior E. Impact of fully or partially guided surgery on the position of single implants immediately placed in maxillary incisor sockets: A randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020;22(5):631-7.
9. Frizzera F, de Freitas RM, Munoz-Chavez OF, Cabral G, Shibli JA, Marcantonio E, Jr. Impact of Soft Tissue Grafts to Reduce Peri-implant Alterations After Immediate Implant Placement and Provisionalization in Compromised Sockets. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019;39(3):381-9.
10. Schneider D, Sancho-Puchades M, Benic GI, Hammerle CH, Jung RE. A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Conventional and Computer-Assisted Implant Planning and Placement in Partially Edentulous Patients. Part 1: Clinician-Related Outcome Measures. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(Suppl):s49-s57.

11. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang HL. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(12):1186-94.
12. Abduo J, Lau D. Accuracy of static computer-assisted implant placement in anterior and posterior sites by clinicians new to implant dentistry: in vitro comparison of fully guided, pilot-guided, and freehand protocols. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1):10.
13. Frizzera F, Calazans NNN, Pascoal CH, Martins ME, Mendonca G. Flapless Guided Implant Surgeries Compared with Conventional Surgeries Performed by Nonexperienced Individuals: Randomized and Controlled Split-Mouth Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(4):755-61.
14. Li J, Chen Z, Chan HL, Sinjab K, Yu H, Wang HL. Does flap opening or not influence the accuracy of semi-guided implant placement in partially edentulous sites? *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(6):1253-61.
15. Lou F, Rao P, Zhang M, Luo S, Lu S, Xiao J. Accuracy evaluation of partially guided and fully guided templates applied to implant surgery of anterior teeth: A randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):117-30.
16. Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D. Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: a pilot study in the human cadaver. *J Prosthet Dent.* 2014;112(3):526-32.
17. Magrin GL, Rafael SNF, Passoni BB, Magini RS, Benfatti CAM, Gruber R, et al. Clinical and tomographic comparison of dental implants placed by guided virtual surgery versus conventional technique: A split-mouth randomized clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2020;47(1):120-8.
18. Lee JH, Lee JB, Park JI, Choi SH, Kim YT. Mechanical Complication Rates and Optimal Horizontal Distance of the Most Distally Positioned Implant-Supported Single Crowns in the Posterior Region: A Study with a Mean Follow-Up of 3 Years. *J Prosthodont.* 2015;24(7):517-24.
19. Ramaglia L, Toti P, Sbordone C, Guidetti F, Martuscelli R, Sbordone L. Implant angulation: 2-year retrospective analysis on the influence of dental implant angle insertion on marginal bone resorption in maxillary and mandibular osseous onlay grafts. *Clin Oral Investig.* 2015;19(4):769-79.
20. Tattan M, Chambrone L, Gonzalez-Martin O, Avila-Ortiz G. Static computer-aided, partially guided, and free-handed implant placement: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Oral Implants Res.* 2020;31(10):889-916.
21. Al-Sabbagh M, Kutkut A. Immediate implant placement: surgical techniques for prevention and management of complications. *Dent Clin North Am.* 2015;59(1):73-95.
22. Naziri E, Schramm A, Wilde F. Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2016;5:Doc15.

23. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:416-35.
24. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Marques-Guasch J, Wang HL. Fully Guided Versus Half-Guided and Freehand Implant Placement: Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2020;35(6):1159-69.
25. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomo-Coll O, Wang HL. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Ann Anat.* 2019;225:1-10.
26. Joda T, Derksen W, Wittneben JG, Kuehl S. Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:359-73.
27. de Almeida EO, Pellizzer EP, Goiatto MC, Margonar R, Rocha EP, Freitas AC, Jr., et al. Computer-guided surgery in implantology: review of basic concepts. *J Craniofac Surg.* 2010;21(6):1917-21.
28. Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo CL, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery-A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2018;18(1):28-40.
29. Siqueira R, Chen Z, Galli M, Saleh I, Wang HL, Chan HL. Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients? A systematic review of clinical trials. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(6):660-71.
30. El Kholy K, Lazarin R, Janner SFM, Faerber K, Buser R, Buser D. Influence of surgical guide support and implant site location on accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(11):1067-75.
31. Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *J Clin Periodontol.* 2019;46(9):949-57.
32. Varga E, Jr., Antal M, Major L, Kiscsatari R, Braunitzer G, Piffko J. Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. *Clin Oral Implants Res.* 2020;31(5):417-30.
33. Aerssens J, Boonen S, Lowet G, Dequeker J. Interspecies differences in bone composition, density, and quality: potential implications for in vivo bone research. *Endocrinology.* 1998;139(2):663-70.
34. Pilawski I, Tulu US, Ticha P, Schupbach P, Traxler H, Xu Q, et al. Interspecies Comparison of Alveolar Bone Biology, Part I: Morphology and Physiology of Pristine Bone. *JDR Clin Trans Res.* 2021;6(3):352-60.

35. Erdogan O, Ustun Y, Tatli U, Damlar I, Daglioglu K. A pig model for the histomorphometric evaluation of hard tissue around dental implants. *J Oral Implantol.* 2013;39(5):551-7.
36. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hammerle CH, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:92-109.

4 CONCLUSÃO

Baseada nos resultados do presente estudo, a técnica cirúrgica totalmente guiada estaria mais indicada para a instalação imediata de implantes em alvéolos uma vez que apresentou maior acurácia no posicionamento dos implantes em comparação com a técnica parcialmente guiada. Com relação às metodologias utilizadas para análise dos desvios de posicionamento, um menor desvio na profundidade dos implantes foi observado na técnica que utilizava arquivos DICOM do que na técnica que utilizava arquivos STL. Esse resultado precisa, no entanto, ser interpretado com cautela e mais investigações são necessárias para determinar a metodologia mais eficaz para avaliação de desvios no posicionamento de implantes.

REFERÊNCIAS*

1. Sun TM, Lee HE, Lan TH. Comparing accuracy of implant installation with a Navigation System (NS), a Laboratory Guide (LG), NS with LG, and freehand drilling. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(6): 2107.
2. Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*. 2017; 17(1): 150.
3. Younes F, Cosyn J, De Bruyckere T, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol*. 2018; 45(6): 721-32.
4. Pettersson A, Kero T, Gillot L, Cannas B, Faldt J, Soderberg R et al. Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I. *J Prosthet Dent*. 2010; 103(6): 334-42.
5. Deepanandan L, Karthikrajan G. Drill Bit Guiding system for implant placement. *Ann Maxillofac Surg*. 2018; 8(2): 230-3.
6. Schneider D, Sancho-Puchades M, Mir-Mari J, Muhlemann S, Jung R, Hammerle C. A randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planning and placement in partially edentulous patients. Part 4: accuracy of implant placement. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019; 39(4): e111-e22.
7. Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012; 23(4): 416-23.
8. Kraft B, Frizzera F, de Freitas RM, de Oliveira G, Marcantonio Junior E. Impact of fully or partially guided surgery on the position of single implants immediately placed in maxillary incisor sockets: a randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020; 22(5): 631-7.
9. Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KW, Blanchette D, Dawson DV. Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014; 93(10): 950-8.
10. Frizzera F, Oliveira G, Shibli JA, Moraes KC, Marcantonio EB, Marcantonio Junior E. Treatment of peri-implant soft tissue defects: a narrative review. *Braz Oral Res*. 2019; 33(suppl 1): e073.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

11. Frizzera F, de Freitas RM, Munoz-Chavez OF, Cabral G, Shibli JA, Marcantonio Jr E. Impact of soft tissue grafts to reduce peri-implant alterations after immediate implant placement and provisionalization in compromised sockets. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019; 39(3): 381-9.
12. Schneider D, Sancho-Puchades M, Benic GI, Hammerle CH, Jung RE. A randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planning and placement in partially edentulous patients. Part 1: clinician-related outcome measures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018; 38(Suppl): s49-s57.
13. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang HL. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: a cadaver study. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29(12): 1186-94.
14. Varga Jr E, Antal M, Major L, Kiscsatari R, Braunitzer G, Piffko J. Guidance means accuracy: a randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. *Clin Oral Implants Res.* 2020; 31(5): 417-30.
15. Abduo J, Lau D. Accuracy of static computer-assisted implant placement in anterior and posterior sites by clinicians new to implant dentistry: in vitro comparison of fully guided, pilot-guided, and freehand protocols. *Int J Implant Dent.* 2020 ;6(1):10.

APÊNDICE A - MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas no presente estudo 10 mandíbulas de suínos de aproximadamente 100 kg para a instalação de 20 implantes Epikut CM (S.I.N. Implant System; São Paulo, Brasil) de 3.5 x 13 mm. Foi um estudo randomizado, sendo que em um lado da mandíbula os implantes foram instalados pela técnica parcialmente guiada (PG) e no outro lado pela técnica totalmente guiada (TG).

1 Planejamento e Confecção da guia cirúrgica

Inicialmente, foi feita uma tomografia computadorizada de cada mandíbula (Scanora 3Dx; KaVo Kerr, Biberach an der Riss, DE) utilizando os seguintes parâmetros: Campo de visão = 80x100 mm; Quilovoltagem = 90kV; Miliamperagem = 10 mA; Tempo de exposição = 6 segundos. Com a realização da tomografia computadorizada, foram gerados vários arquivos DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine) para visualização de todos os cortes (coronal, sagital e axial) e uma reconstrução tridimensional do exame foi realizada.

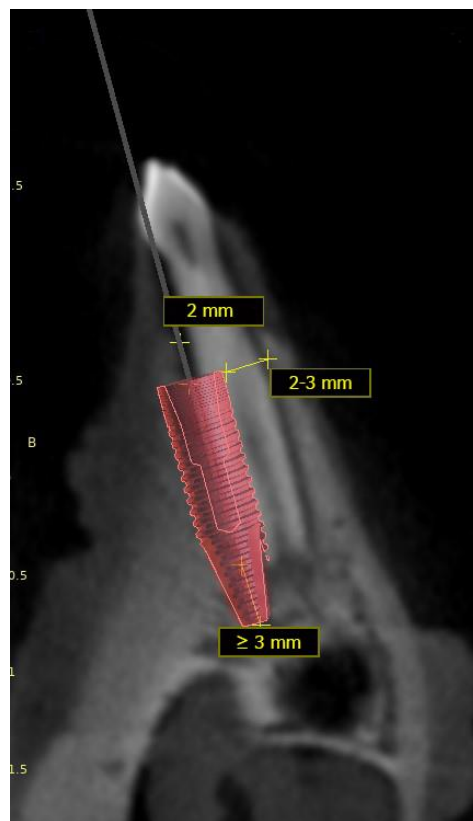
Na sequência, o escaneamento digital da mandíbula foi realizado para gerar um arquivo STL (iTero v2.0; Invisalign, Align Technology, Santa Clara, CA, EUA). Baseado nos arquivos DICOM e STL, foram feitas as confecções dos guias cirúrgicos assim como os planejamento cirúrgicos virtuais utilizando o software Blue Sky Plan (Blue Sky Bio; Illinois, EUA).

Primeiramente, foi alinhado o plano oclusal das mandíbulas, de tal forma que ficasse paralelo ao plano horizontal assim como a borda inferior direita e esquerda da mandíbula. Posteriormente, foi importado o arquivo STL do escaneamento para alinhamento do mesmo com o arquivo DICOM. Após o alinhamento, o implante foi posicionado no alvéolo do segundo pré-molar. A direção e o posicionamento do implante foram determinados pelo longo eixo da raiz distal, de tal maneira que o implante envolvesse o osso vestibular e formasse um gap de 2 a 3 mm entre o implante e a parede óssea lingual. O implante foi instalado 2 mm apicalmente à mesma, com pelo menos 3 mm de ancoragem apical (Figura 1). Com o implante planejado virtualmente na sua posição tridimensional correta, iniciou-se a confecção da guia cirúrgica virtual. Para cada implante instalado foi confeccionado uma guia

cirúrgica, desta forma foram confeccionados dois guias cirúrgicos independentes para cada mandíbula.

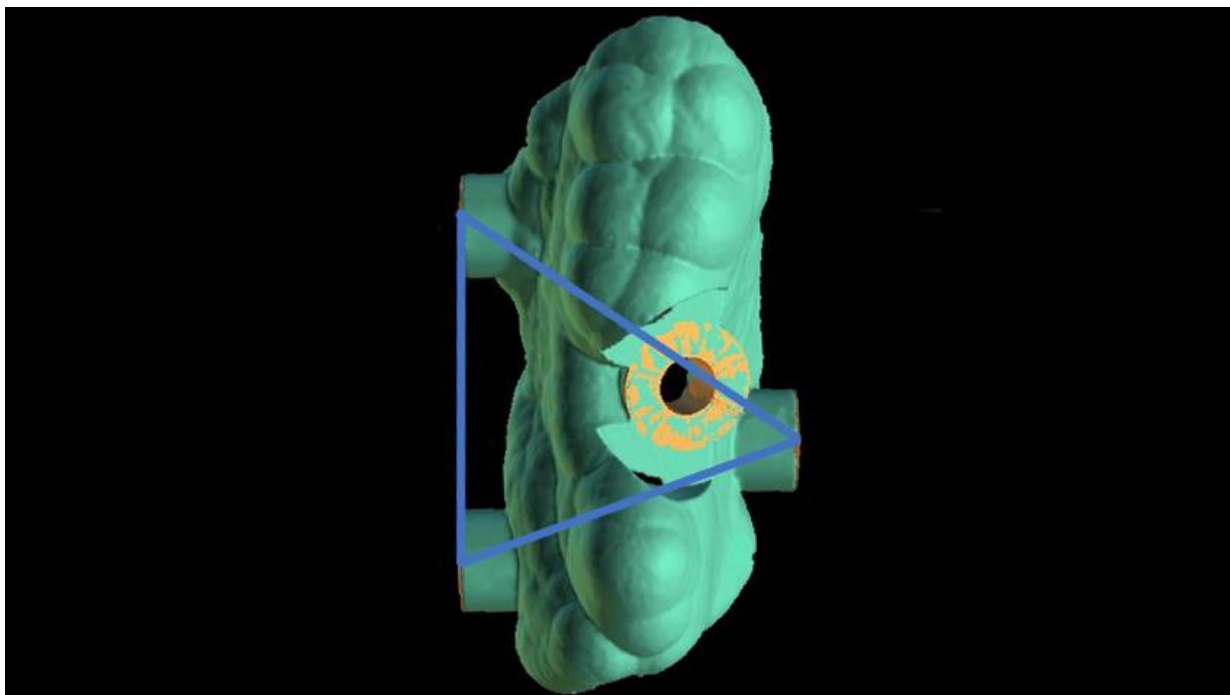
A guia cirúrgica foi suportada por todos os dentes adjacentes e 3 pinos de fixação (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brasil) posicionados na horizontal, de tal maneira que formassem um polígono caso fossem ligados entre si, provendo uma maior estabilidade (Figura 2). Posteriormente, o guia foi impresso em resina (FH1100; Flashforge Corporation, Zhejiang, CN) em uma impressora 3D (Figuras 3-5).

Figura 1 - Posição do implante no planejamento virtual



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 2 - Guia cirúrgico virtual planejado de forma que os pinos de fixação formassem um triângulo



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 - Impressora utilizada para impressão dos guias cirúrgicos.



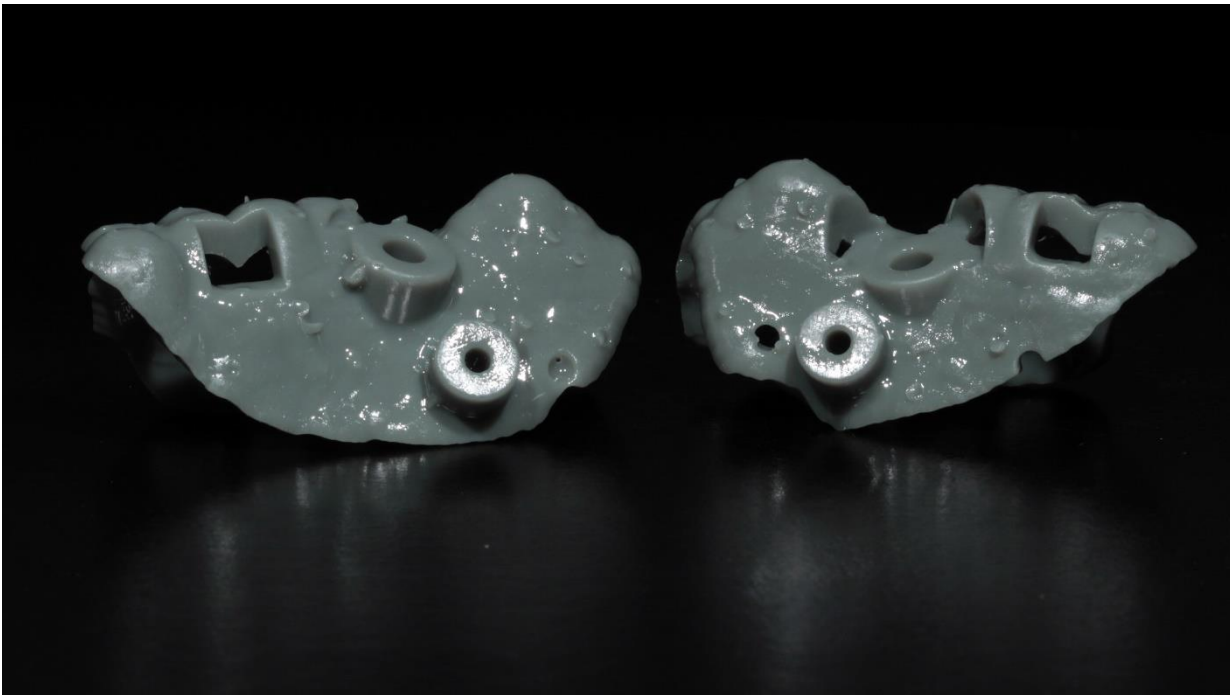
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4 - Guias cirúrgicos unidos na base de resina que está aderida no suporte da impressora



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5 - Guias cirúrgicos após a remoção dos suportes



Fonte: Arquivo pessoal.

Após a impressão o guia foi enxaguado em água corrente e, posteriormente, o guia recebeu um banho em álcool isopropílico por 5 minutos (Implastec, São Paulo, Brasil). A remoção dos excessos de resina foi realizada em ambos os momentos com o auxílio de uma gaze e um pincel por meio de fricção (Figuras 6-9).

Figura 6 - Enxágue do guia cirúrgico em água corrente



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 7 - Guias banhados em álcool isopropílico.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8 - Utilização da gaze para remoção de excessos de resina



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 - Utilização do pincel para remoção de excessos de resina



Fonte: Arquivo pessoal.

Após a remoção dos excessos de resina, a presa final foi realizada em um forno de cura (dOne 3D, São Paulo, Brasil) e quatro anilhas compatíveis com o sistema de implante que foi utilizado foram adaptadas por pressão nos guias cirúrgicos, três

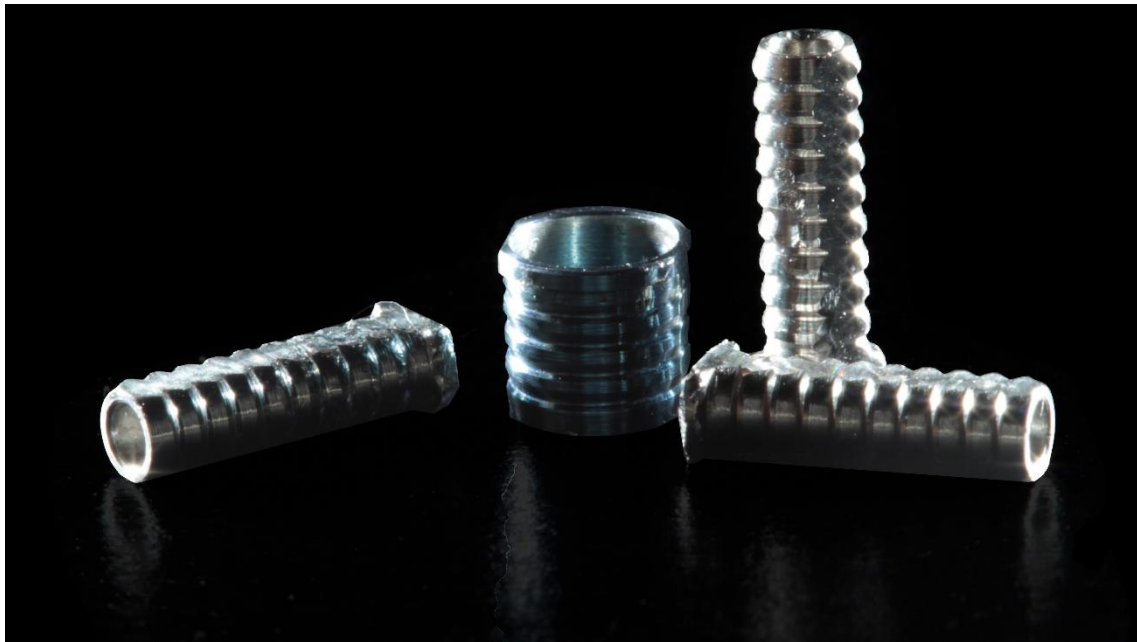
referentes aos pinos de fixação (AFG 14) e outra para a perfuração e instalação (AG 37) do implante com o tamanho correspondente ao planejado (Figuras 10-12).

Figura 10 - Forno de cura utilizado para dar a presa final na resina



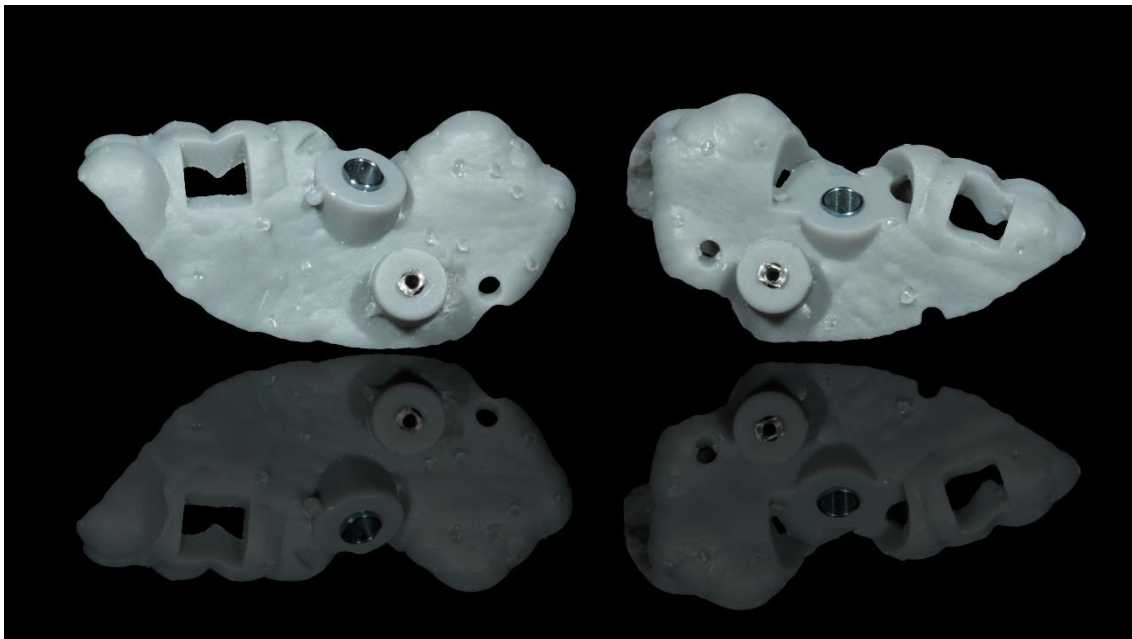
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 11 - Anilhas que foram adaptadas nos guias cirúrgicos



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 12 - Guias cirúrgicos com as anilhas adaptadas



Fonte: Arquivo pessoal.

2 Protocolo Cirúrgico

Na etapa cirúrgica, foram realizadas extrações minimamente traumáticas dos segundos pré-molares para a preservação do osso alveolar. A extração começou com uma odontosecção utilizando-se uma broca 701 (American Burrs, SC, Brasil) para separar as raízes mesial e distal. Em seguida, as raízes foram removidas com o fórceps nº 151 (Quinelato, São Paulo, Brasil) (Figuras 13-18). Logo após, as perfurações foram iniciadas sob constante irrigação e seguindo a sequência correta de brocas: fresa Ø1.3 mm para o pino de fixação e fresas lança, Ø2 mm, Ø3 mm para instalação do implante (Figuras 19-24).

Todas as perfurações foram realizadas através do guia cirúrgico, porém a maneira de instalar os implantes dependeu do tipo de técnica que foi utilizada. Quando a técnica de escolha foi a totalmente guiada, o implante foi instalado através do guia (Figuras 25-26). A randomização a respeito do sítio que recebeu a cirurgia parcialmente ou totalmente guiada e qual foi feita primeiro foi realizada através de um software (Randomizer for Clinical Trial). Quando a técnica selecionada foi a parcialmente guiada, o guia era removido e o implante instalado a mão livre (Figuras 27-28). Ao final da instalação dos implantes, o torque foi mensurado com o auxílio de um torquímetro (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brasil).

Figura 13 - Aspecto inicial previamente ao procedimento cirúrgico



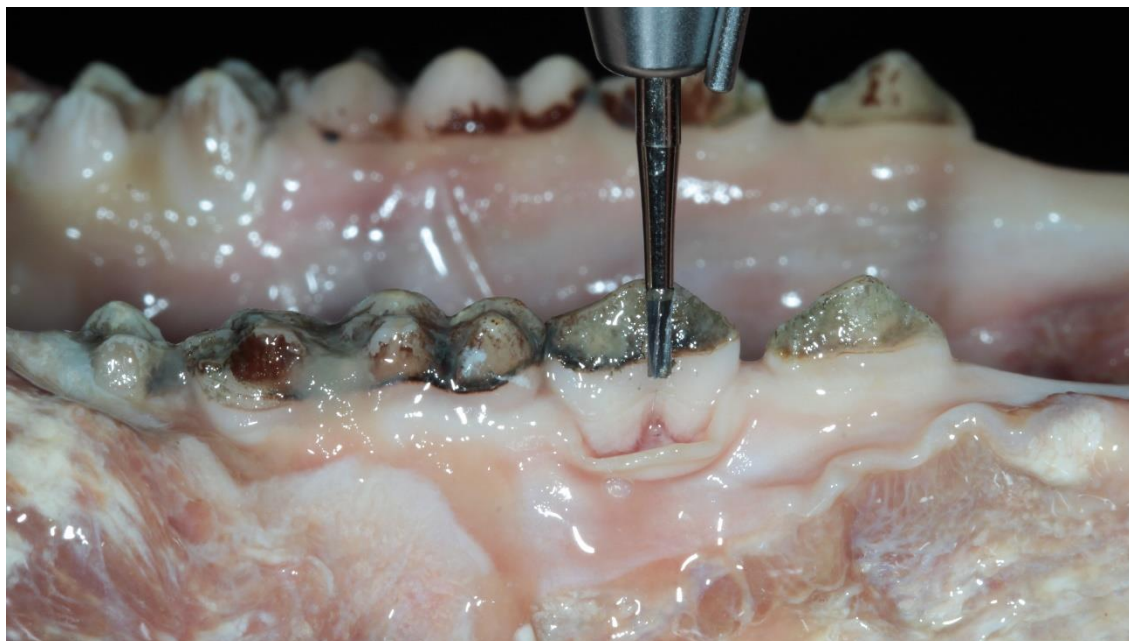
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 14 - Sindesmotomia realizada



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 15 - Broca 701 para realização da odontosecção



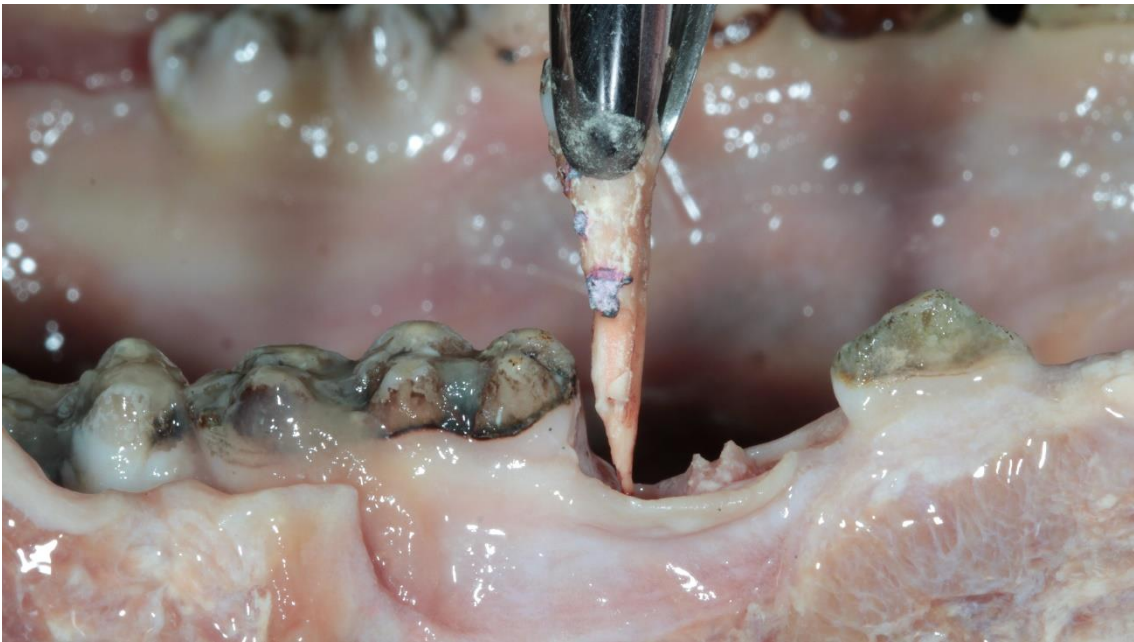
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 16 - Odontosecção realizada



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 17 - Remoção das raízes previamente separadas



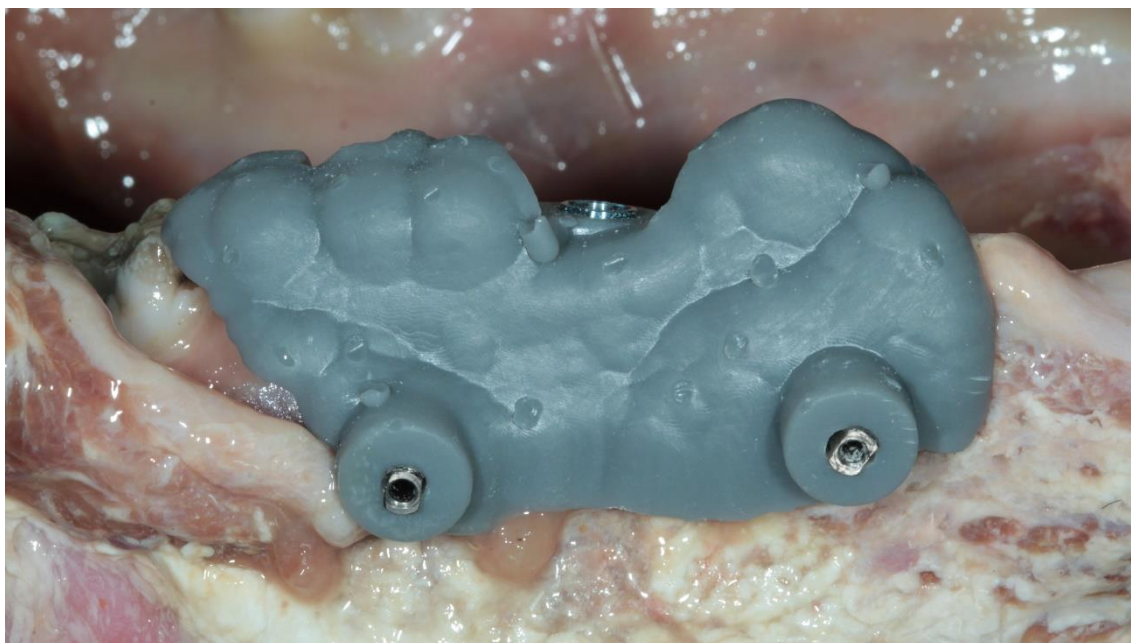
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 18 - Alvéolos dentários intactos pós-extração



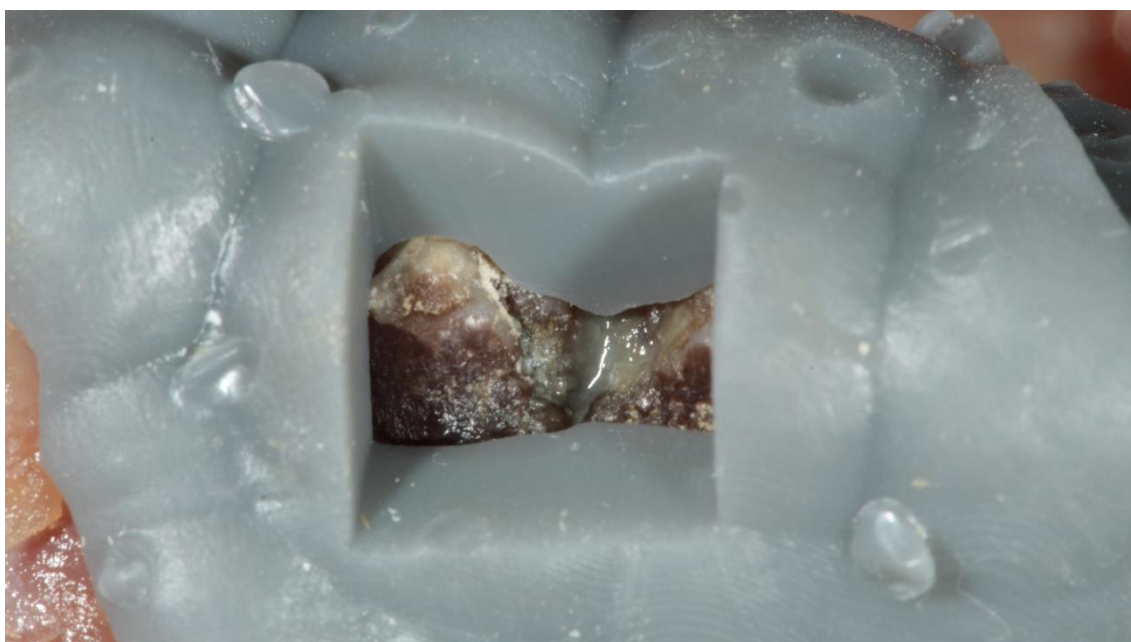
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 19 - Guia cirúrgico posicionado



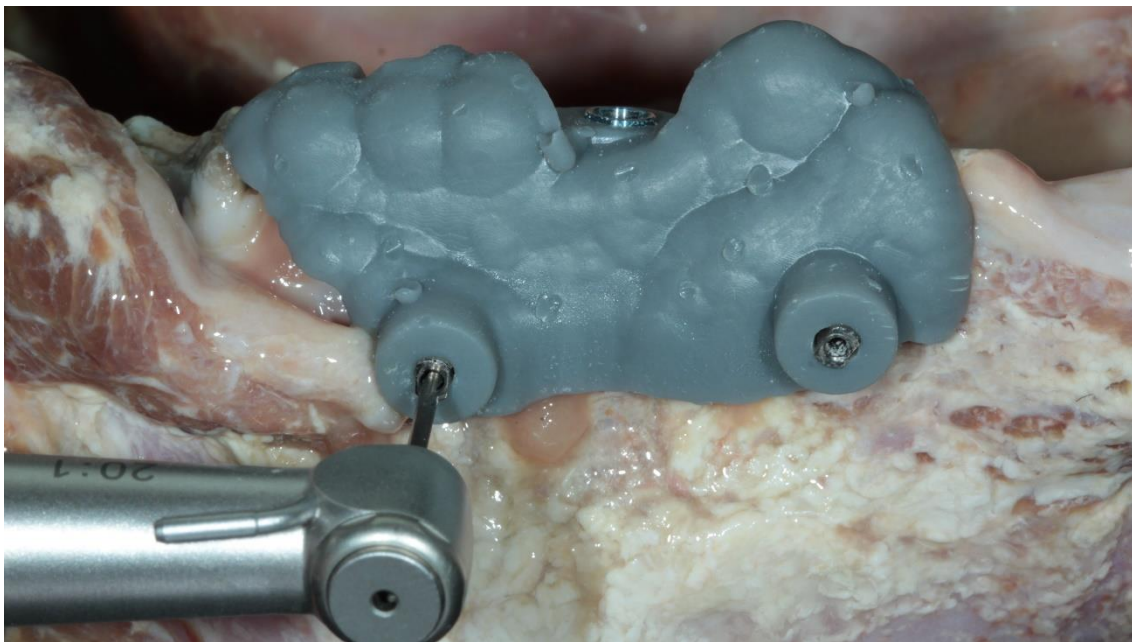
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 20 - Guia cirúrgico devidamente adaptado



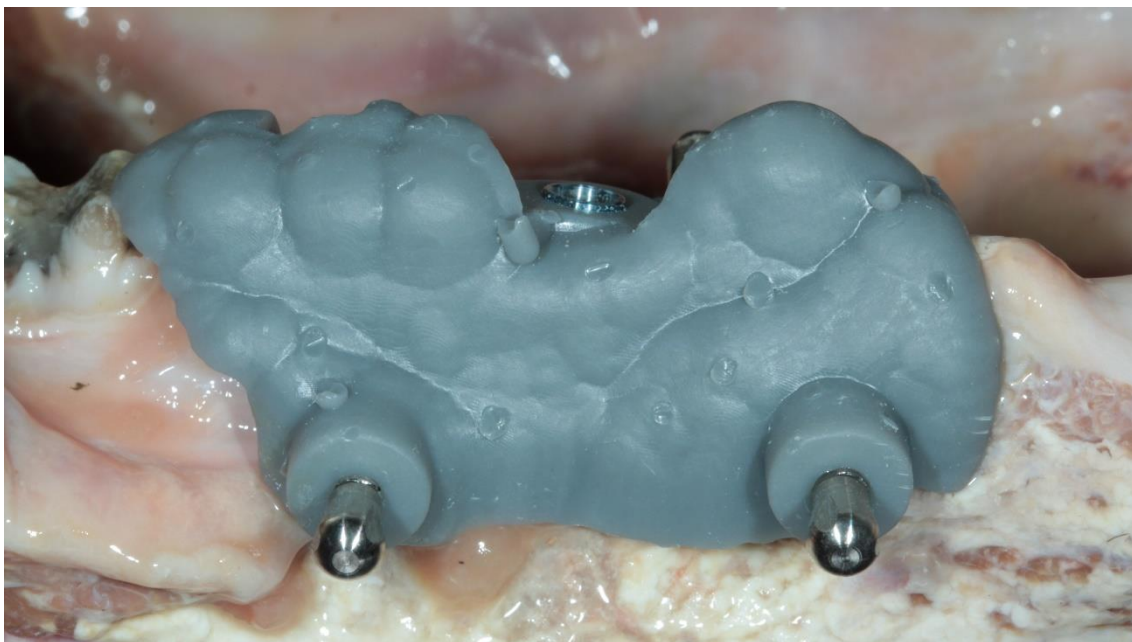
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 21 - Utilização da fresa Ø1.3 mm para instalar os pinos de fixação



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 22 - Pinos de fixação instalados



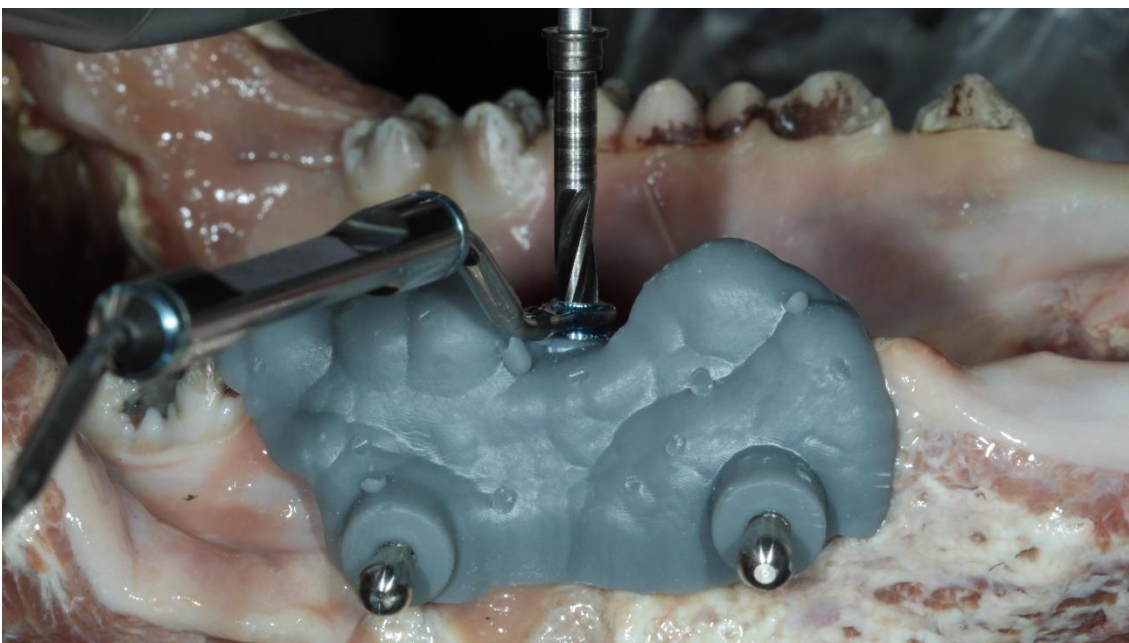
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 23 - Perfuração com a fresa Ø2.0 mm



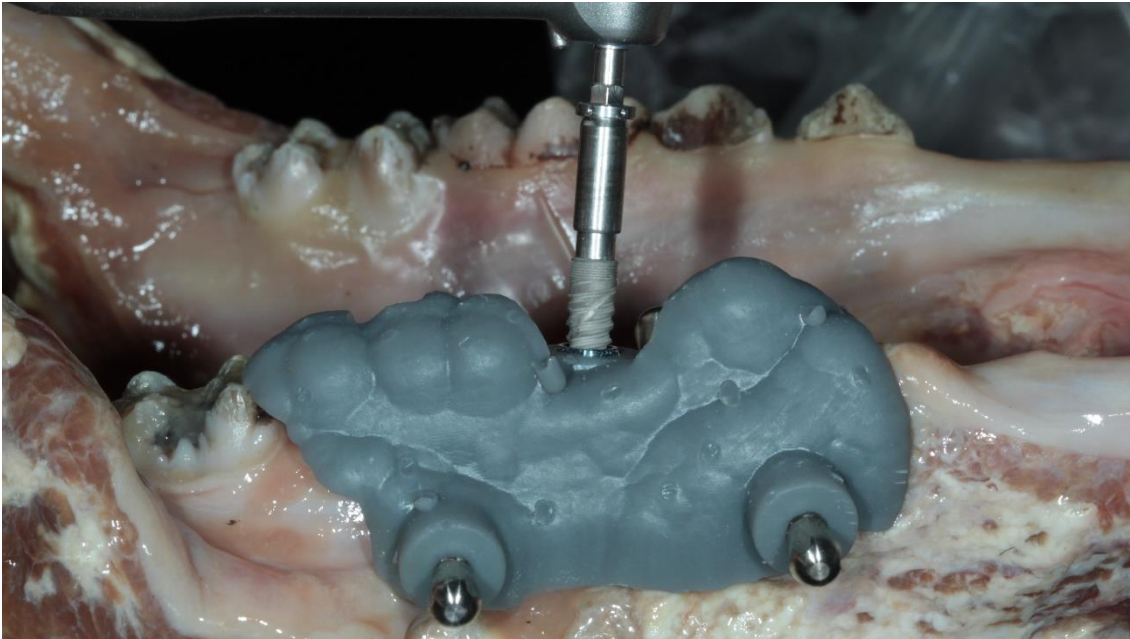
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 24 - Perfuração com a fresa Ø3.0 mm



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 25 - Instalação do implante através do guia utilizando o contra ângulo



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 26 - Finalização da instalação do implante através do guia utilizando o torquímetro



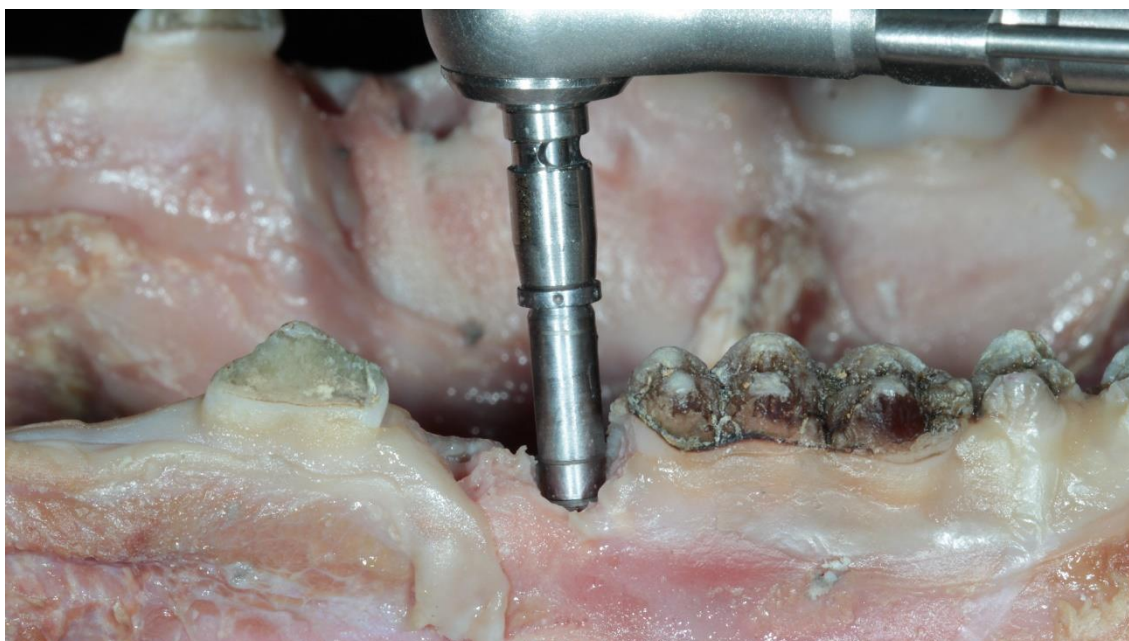
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 27 - Instalação do implante a mão livre utilizando o contra ângulo



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 28 - Finalização da instalação do implante a mão livre utilizando o torquimetro

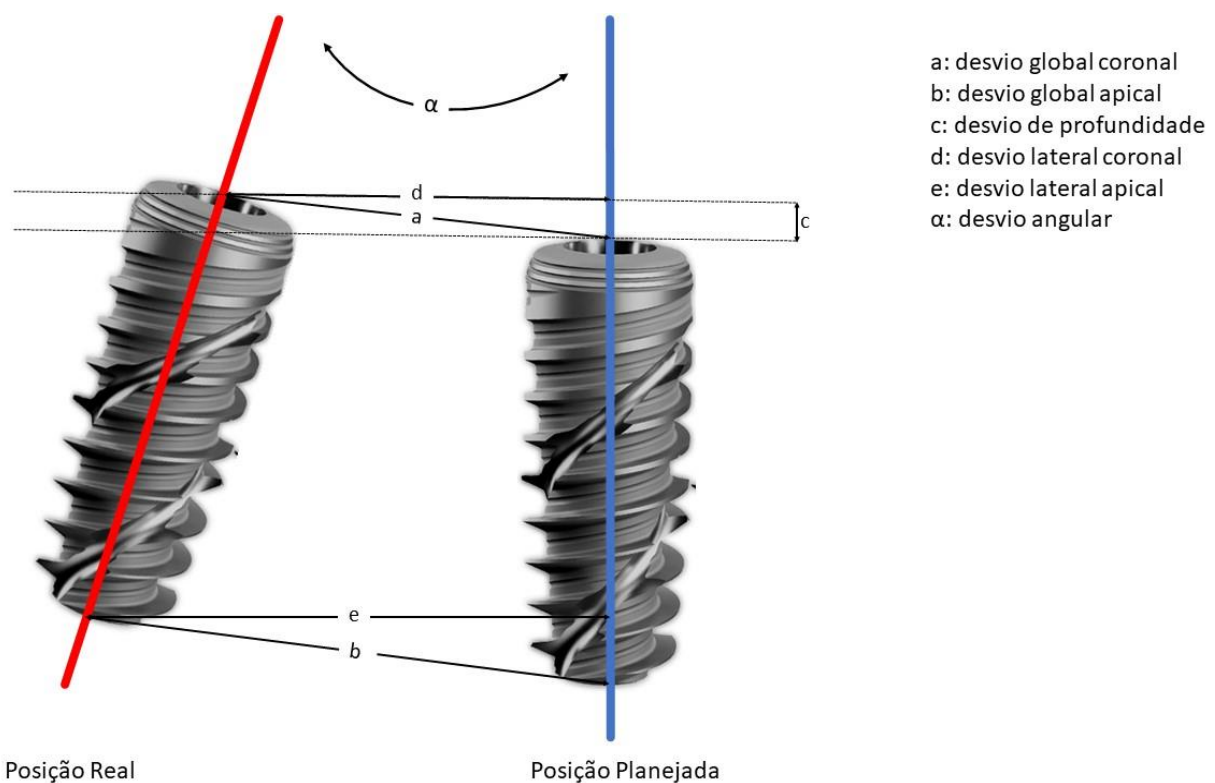


Fonte: Arquivo pessoal.

3 Análise dos desvios dos implantes

Para comparação da posição dos implantes instalados com a considerada ideal virtualmente planejada, foi necessária a realização de um novo exame tomográfico após o procedimento cirúrgico. Para a análise dos desvios, os arquivos DICOM iniciais e após os procedimentos cirúrgicos foram sobrepostos em um software específico (Blue Sky Plan; Blue Sky Bio, Illinois, EUA). A mensuração dos desvios globais coronais, globais apicais, profundidade, laterais coronais, laterais apicais e angulares foi feita utilizando os métodos estabelecidos por Li et al.¹ 2019 (Figura 29).

Figura 29: Método de mensuração dos desvios



Fonte: Arquivo pessoal.

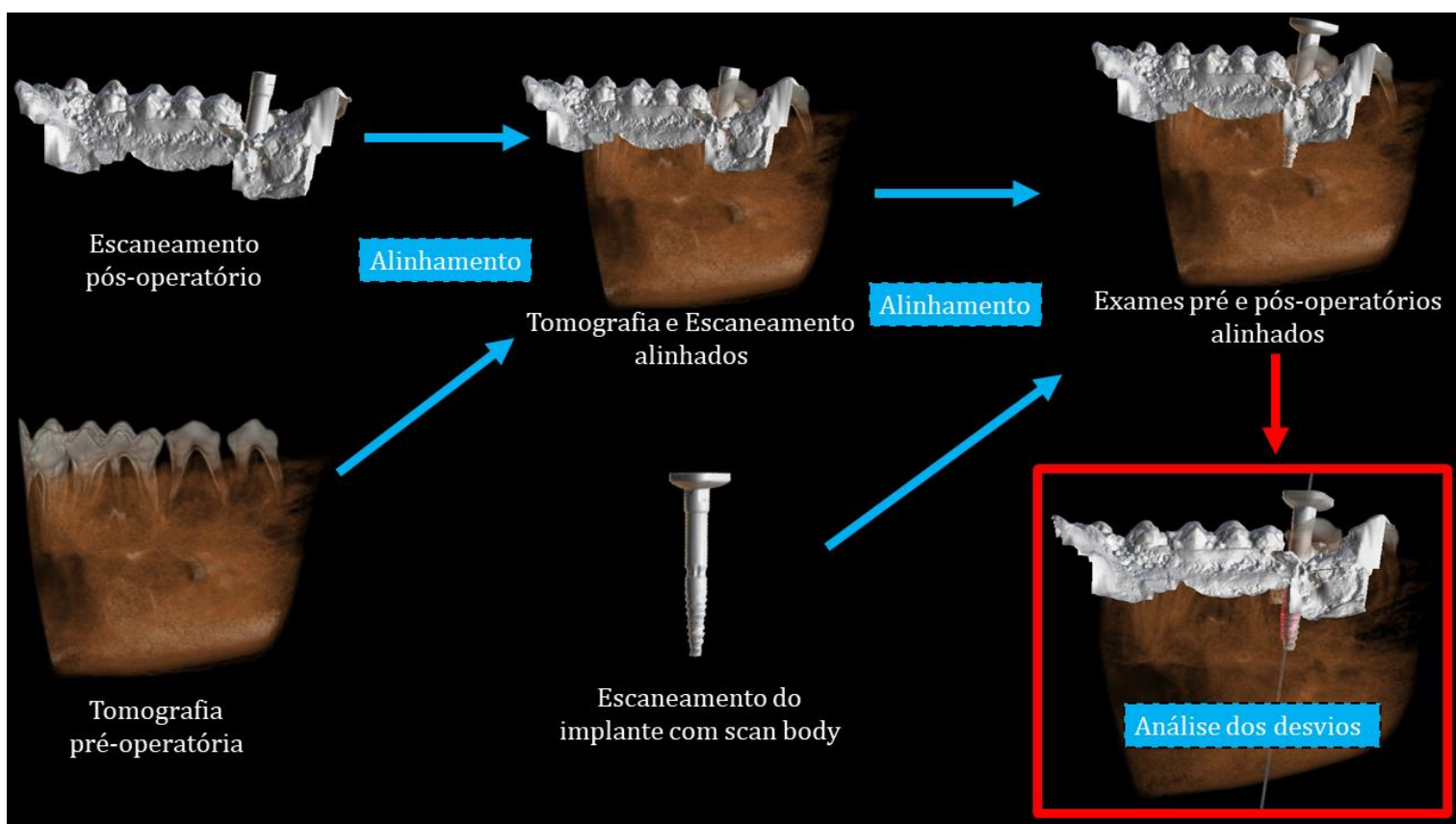
Para registro do posicionamento dos implantes nas mandíbulas, um scan body (S.I.N. Implant System, São Paulo, Brasil) foi instalado sobre os implantes para posterior escaneamento e comparação com a posição inicialmente planejada (Figura 30-31). Posteriormente, foi feita uma comparação para determinação de possíveis diferenças nos desvios obtidos entre as duas técnicas de avaliação do posicionamento (tomográfica ou escaneamento digital).

Figura 30: Scan body instalado no implante



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 31: Metodologia de análise a partir dos arquivos STL



Fonte: Arquivo pessoal.

4 Análise Estatística

A variável primária de análise deste estudo foi o desvio angular, com isso, o cálculo amostral foi realizado a partir dos dados de desvio angular do estudo de Lou et al.², onde foi comparado a acurácia da cirurgia totalmente guiada com a parcialmente guiada. Os desvios observados foram de 2.05 ± 0.45 na cirurgia totalmente guiada e 3.16 ± 0.70 na cirurgia parcialmente guiada.

Os dados das análises tomográficas e dos escaneamentos respectivos aos desvios dos implantes foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. O teste indicou uma distribuição paramétrica dos dados em ambas as análises. Assim, o teste paramétrico t Student não-pareado foi utilizado para identificação de diferenças entre as técnicas totalmente guiada e parcialmente guiada e para comparação das duas técnicas de avaliação do posicionamento do implante (tomográfica ou escaneamento digital). O software GraphPad Prism 8 (San Diego, CA, USA) foi utilizado para realização das análises estatísticas desse estudo e todos os testes foram aplicados com nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

REFERÊNCIAS

1. Li J, Chen Z, Chan HL, Sinjab K, Yu H, Wang HL. Does flap opening or not influence the accuracy of semi-guided implant placement in partially edentulous sites? *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019; 21(6): 1253-61.
2. Lou F, Rao P, Zhang M, Luo S, Lu S, Xiao J. Accuracy evaluation of partially guided and fully guided templates applied to implant surgery of anterior teeth: a randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021; 23(1): 117-30.

Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de 1 ano após a data da defesa.

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 10 de abril de 2022.

Nicolas Nicchio Nicolini Calazans