

Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”
UNIGRANRIO

MÁRCIO MACEDO SOARES

**Avaliação *in vitro* da precisão de um sistema de cirurgia guiada para a
instalação de implantes**

DUQUE DE CAXIAS

2009

MÁRCIO MACEDO SOARES

**Avaliação *in vitro* da precisão de um sistema de cirurgia guiada para a
instalação de implantes**

Dissertação apresentada à Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Implantodontia

Orientador: Nassim David Harari

Co-orientador: Eduardo Seixas Cardoso

DUQUE DE CAXIAS

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE/BIBLIOTECA - UNIGRANRIO

S676a Soares, Márcio Macedo.

Avaliação *in vitro* da precisão de um sistema de cirurgia guiada para a instalação de implantes / Márcio Macedo Soares . – 2009.
88 f. : il. : 30 cm.

Dissertação (mestrado em Odontologia) – Universidade do Grande Rio

“Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Ciências da Saúde, 2009

“Orientador: Prof. Nassin David Harari.”

“Co-orientador: Eduardo Seixas Cardoso.”

Bibliografia : 79-88

1. Odontologia. 2. Implantes dentários. 3. Cirurgia assistida por computador. 4. Cirurgia bucal – Métodos. 5. Tomografia computadorizada por raio x. I. Harari, Nassin David. II. Cardoso, Eduardo Seixas. III. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. IV. Título.

MARCIO MACEDO SOARES

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA PRECISÃO DE UM SISTEMA DE
CIRURGIA GUIADA PARA A INSTALAÇÃO DE IMPLANTES

Dissertação apresentada à Universidade do Grande
Rio “Prof. José de Souza Herdy”, como parte dos
requisitos parciais para obtenção do grau de Mestre
em Odontologia.

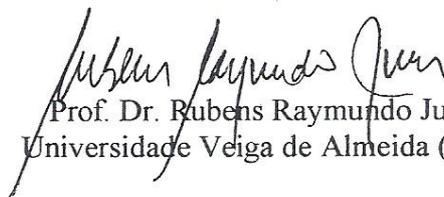
Área de Concentração: Implantodontia

Aprovado em 25 de setembro de 2009.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Guaracilei Maciel Vidigal Jr.
Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO)



Prof. Dr. Rubens Raymundo Junior
Universidade Veiga de Almeida (UVA)



Prof. Dr. Ronaldo Barcellos de Santana
Universidade Federal Fluminense (UFF)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por estar sempre ao meu lado desde o começo e tornar possível a realização deste sonho;

Aos meus pais;

À minha irmã, ao meu irmão e a minha noiva;

Aos amigos do mestrado;

Ao professor Nassim David Harari;

Ao professor Eduardo Seixas Cardoso;

Ao professor Guaracilei Maciel Vidigal Jr;

Ao professor Marcelo Corrêa Manso;

Ao professor Marcio Baltazar Conz;

E a Clínica Radiológica Murillo Torres, principalmente ao grande amigo Rafael Pereira de Mendonça.

*"Na minha angústia, clamo ao SENHOR,
e ele me ouve."
Salmo 120:1*

RESUMO

O advento da tomografia computadorizada permitiu a evolução de programas de computação, que associados a prototipagem, são utilizados para otimizar resultados e reduzir o tempo cirúrgico. A pesquisa teve como objetivo um estudo em mandíbulas sintéticas analisando alguns aspectos relativos a fidelidade dos programas de computação destinados as cirurgias guiadas. Assim, procurou identificar a previsibilidade da técnica e sua precisão na transferência do planejamento virtual para a utilização clínica/cirúrgica. Seis mandíbulas de poliuretano e gengiva artificial em silicone foram utilizadas, juntamente com guias tomográficos individualizados para cada uma das amostras. Isso permitiu o duplo escaneamento, de acordo com a técnica de confecção de guias estereolitografados pela tecnologia CAD/CAM, e de planejamento virtual com o programa Dental Slice. Todos os guias receberam 4 orifícios para a inserção dos pinos de estabilização e 3 orifícios para instalação de implantes cilíndricos com plataforma cone morse. Após a instalação dos implantes, as mandíbulas foram submetidas a um novo escaneamento para comparação de suas posições finais com aquelas previamente projetadas. Visando a eliminação de possível erro humano, foi utilizado um programa de computador que automatizou a sobreposição de imagens pré e pós-cirúrgicas. Foi observada uma média de $2,16^\circ$ (SD: $\pm 0,92$) de discrepância entre as posições virtuais e reais dos implantes e diferenças nas posições verticais, concluindo-se que houve modificação de suas direções.

Palavras-chaves: Implantes dentários, cirurgia-guiada e tomografia computadorizada.

ABSTRACT

The advent of computed tomography has allowed the development of softwares which, associated with prototyping, are used to optimize the results and reduce the surgical time. The present study aimed to analyze some aspects of computer guided surgery precision utilizing synthetic mandibles and a specific implant system. To identify the predictability of the technique and its accuracy in the transfer of virtual planning for clinical/surgical use, six polyurethane mandibles and silicone artificial gingiva were used, together with 6 individual tomographic guides. According to the technology of making Stereolithography CAD / CAM guides, together with virtual planning by using a special software, it was possible through two cone beam computed tomography scans. All guides used 4 holes for insertion of pins to stabilize and 3 holes for installation of implants with cylindrical platform morse cone. After implants installation, the mandibles were subjected to a new scan to compare their late positions with those previously projected. Aiming eliminate the possible human error, it used a computer program that automates the overlapping implant images before and after the surgery. It was an average of 2.16° (SD: ± 0.92) of discrepancy between the virtual and real implants positions and changes in vertical positions, concluding that was a change in their directions.

Key words: dental implants, computed tomography and guided surgery.

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Título	Página
1a e 1b	Réplica da mandíbula de poliuretano utilizada no estudo. Aspecto frontal e lateral.	42
2a e 2b	Réplica com enceramento do tecido gengival com cera laminada.	43
2c e 2d	Confecção do índice do enceramento com silicone Zetalabor	43
3a e 3b	Material a base de silicone e tinta para tecido na cor rosa para confecção da gengiva artificial.	44
4a e 4b	Placa de vidro com o material a base de silicone e a tinta rosa para espatulação e as seringas de 20ml que serviram de veículo para o material preencher o índice de Zetalabor.	44
5a e 5b	Índice de Zetalabor com as perfurações e preenchido com a gengiva artificial.	45
6a e 6b	Mandíbula com gengiva artificial e placa base.	45
6c e 6d	Plano de cera com dentes e muflagem da prótese total.	46
6e e 6f	Próteses totais prensadas e polidas.	46
7a e 7b	Próteses com marcações de guta-percha para realização do duplo escaneamento tomográfico.	47
8	Plataforma DentalSlice. Software DentalSlice®.	47
9	Tomógrafo i-CAT.	48
10a e 10b	Prótese e mandíbula posicionadas no tomógrafo paralelamente ao plano horizontal.	48

11a e 11b	Mandíbula posicionada no tomógrafo paralelamente ao plano horizontal.	49
12a e 12b	Início do escaneamento em duas partes.	49
13	Imagem da tela do computador mostrando as 4 janelas de visualização. Software Dental Slice®.	50
14	Ícone referente à ferramenta “zoom 9:1”. Possível observar a região escolhida para inserção do implante e a marcação na basilar da mandíbula com guta-percha. Software Dental Slice®.	51
15	Barra de ferramentas. Importante observar o ícone de inserção de implantes (em amarelo) e logo ao seu lado os ícones diâmetro do implante (em laranja), comprimento do implante (em verde) e comprimento do conector (em azul). Software Dental Slice®.	52
16	Inserção virtual do pino de estabilização. Segundo o protocolo Neoguide®, ele possui 1,50 mm de diâmetro e 12,00 mm de comprimento. A porção mais cervical tem que estar no interior da prótese ou guia. Software Dental Slice®.	53
17	Janela detalhando o envio do planejamento virtual diretamente para o centro de prototipagem biomédica. Software Dental Slice®.	53
18	Preencher a solicitação de envio com os dados do paciente e proponente, em seguida terminar pressionando enviar. Software Dental Slice®.	54
19	Janela panorâmica demonstrando a posição da anilha em relação ao implante de número 3. Observe que ela esta dentro da prótese. Software Dental Slice®.	55
20a e 20b	Impressora 3D (visualização externa e interna).	55
21a e 21b	Guias sialitográficos recém polimerizados.	56
22a e 22b	Fotopolimerizadora para cura da resina do guia sialitográfico.	56
23a e 23b	Aspecto da resina após a fotopolimerização e logo após.	56

24	Guia cirúrgico recebendo a perfuração para inserção dos pinos de ancoragem.	57
25	Pino de ancoragem sendo instalado.	58
26	Todos os pinos instalados.	58
27a e 27b	Extrator de mucosa 1 e 2, respectivamente.	59
27c e 27d	Mucosa extraída.	59
28	Broca lança.	60
29	Cursores de broca instalados nas brocas 2,0, 2,8, 3,0 e 3,3.	60
30	Colocação do guia da broca 2,0 e perfuração com a respectiva broca.	61
31	Colocação do guia da broca 2,8 e perfuração com a respectiva broca.	61
32	Colocação do guia da broca 3,0 e perfuração com a respectiva broca	62
33	Colocação do guia da broca 3,3 e perfuração com a respectiva broca.	62
34a e 34b	Anilha para instalação do respectivo implante.	63
35a e 35b	Em “a” o montador do implante (azul) sendo trocado pelo montador Neoguide® já aparafusado ao implante em “b”.	63
36	Instalação do implante pré-montado com seu respectivo montador.	64
37	Implantes instalados.	64
38	Desenho esquemático da metodologia utilizada para aferição da discrepância entre as posições pré e pós-operatórias dos implantes	65
39a e 39b	(a) Implante virtual em relação ao ponto fixo e (b) implante real em relação ao ponto mesmo ponto fixo.	67
40	Imagem correspondente a janela do programa de sobreposição demonstrado os implantes planejados virtualmente em rosa e os instalados em azul.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro	Título	Página
Quadro 1	Mensurações em três momentos da distância apical do implante virtual e real até o ponto fixo na basilar da mandíbula referente a cada implante em mm.	68
Quadro 2	Comparação entre planejado e executado.	70
Quadro 3	Resultado do erro-padrão referente a cada implante em mm.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
Tabela 1	Valores obtidos na avaliação virtual dos implantes instalados em relação aos implantes planejados.	71
Tabela 2	Valores referentes as mensurações entre o ponto fixo e o ponto mais apical dos implantes no planejamento virtual e real..	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas e Siglas	Título
<i>et al.</i>	Colaboradores
mm	Milímetro
AOMR	American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
.cnv	Extensão de arquivos de computador
CPU	Central Processing Unit
DICOM	Digital Imaging Communicatios in Medicine
TC	Tomografia Computadorizada
TCCB	Tomografia Computadorizada cone-beam
TCFB	Tomografia Computadorizada fan-beam
SLS	Sinterização Seletiva a Laser
.stl	Extensão de arquivos de computador
3D	Tridimensional

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Título
%	Porcentagem
®	Marca registrada
≤	Menor ou igual
kVp	Quilovoltagem pico
mA	Miliampére

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	16
2.0	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Cirurgia sem retalho (flapless)	18
2.2	Prototipagem na odontologia	20
2.3	Tomografia Computadorizada Cone-beam	24
2.4	Carga imediata	28
2.5	Cirurgia Guiada	30
3.0	PROPOSIÇÃO	41
4.0	MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1	Seleção da amostra	42
4.2	Preparo das réplicas de mandíbulas	42
4.3	Determinação do programa de computação	47
4.4	Execução das tomografias computadorizadas de feixe cônico	48
4.5	Planejamento virtual	49
4.6	Guia cirúrgico prototipado	54
4.7	Cirurgia dos modelos para instalação dos implantes dentários	56
5.0	EXECUÇÃO DAS MENSURAÇÕES	65
5.1	Obtenção e análise dos resultados	65
5.2	Avaliação em relação ao ponto fixo	67
6.0	RESULTADOS	69
6.1	Avaliação em modelo virtual	70
7.0	DISCUSSÃO	72
8.0	CONCLUSÕES	78

1.0 INTRODUÇÃO

Os recursos tecnológicos que permitem interatividade e planejamento virtual estão revolucionando as reabilitações com implantes dentários. Esta tecnologia incorpora dados de arquivos digitais de tomografia computadorizada (TC) e possibilita o planejamento do posicionamento dos implantes e a construção de guias que irão orientar a sua instalação cirúrgica em locais pré-selecionados.

As exigências estéticas e funcionais dos pacientes têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, de modo que a reabilitação bucal com implantes, proposta pelo cirurgião-dentista durante a fase de planejamento, deve coincidir com a conclusão do tratamento. A previsibilidade da posição dos implantes e das características da restauração final aumentou de maneira significativa com a idealização e a execução da técnica de cirurgia guiada em implantodontia. Este método está baseado em tomografias computadorizadas e técnicas de prototipagem rápida, caracterizando uma evolução técnico-científica no conceito de reabilitação bucal com implantes osseointegrados.

Com os programas de planejamento tridimensional (3D) virtual utilizando tecnologia CAD/CAM (computer-aided design and computer-aided manufacturing, que significa projeto assistido por computador e fabricação assistida por computador), pode-se importar para o computador as imagens obtidas nas tomografias e se reconstruir tridimensionalmente toda maxila ou mandíbula de forma virtual. A partir das informações obtidas nas tomografias computadorizadas, pode-se simular o planejamento cirúrgico no computador e depois projetar e materializar um guia cirúrgico personalizado, obtendo precisão na transferência do planejamento virtual do tratamento para o real momento cirúrgico. O uso de um programa de computador que simule o posicionamento do implante pode proporcionar inclusive a confecção de próteses provisórias fixas para serem instaladas no momento imediatamente depois da cirurgia. As cirurgias sem retalho são consideradas o “padrão ouro” da cirurgia moderna em medicina. A implementação de uma tecnologia que permita o planejamento virtual e tridimensional para instalação de implantes dentários com este tipo de intervenção poderá proporcionar muito mais segurança e agilidade para as reabilitações orais.

A acurácia do sistema está diretamente ligada à tecnologia empregada na manipulação das imagens, produção dos guias cirúrgicos, na familiarização do cirurgião com esta tecnologia e nos arsenais que o sistema disponibiliza para compensar qualquer falha no decorrer do processo.

Mesmo havendo disponíveis no mercado vários programas destinados a este fim, parece interessante contribuir para o estabelecimento de quais sistemas de cirurgia guiada mais se aproximam do ideal, transferindo com maior fidelidade e segurança o planejamento virtual, para obter um resultado com maior previsibilidade. O objetivo desta pesquisa é realizar um estudo em um modelo de mandíbula sintética para analisar a fidelidade de um sistema de cirurgia guiada por computador para instalação de implantes.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cirurgia sem Retalho (*Flapless*)

O retalho mucoperiosteal é tradicionalmente elevado para melhorar a visualização do sítio receptor de implantes dentários e identificar e proteger estruturas nobres existentes nesta região. Quando uma limitada quantidade óssea é avaliada, o retalho pode ajudar na instalação do implante reduzindo o risco de fenestrações e perfurações. No entanto, essa manobra requer a execução de suturas que podem apresentar considerável grau de morbidade e desconforto, com potencial desenvolvimento de recessão gengival e reabsorção óssea ao redor de dentes naturais (OZAN et al., 2007).

A implantologia oral tende a desenvolver técnicas com um menor consumo de tempo, melhor resultado estético e menor invasividade para restaurar dentes perdidos. A cirurgia realizada sem a elevação de retalho muco-periosteal ou *flapless* tende a preservar a arquitetura gengival em áreas estéticas. No entanto necessita de experiência do cirurgião, quantidade óssea adequada e quantidade de tecido queratinizado satisfatório (STEENBERGHE et al., 2005).

A cirurgia *flapless* sem o uso de um guia cirúrgico é um procedimento sem precisão (KOMIYAMA et al., 2008). Em um trabalho realizado por Van De Velde et al. (2008) relacionado à instalação de implantes sem abertura de retalho, mais de cinquenta por cento das perfurações e fenestrações foram executadas por profissionais de diferentes níveis de experiência sem o uso de uma guia cirúrgica. De acordo com Wittwer et al. (2007b) a cirurgia sem elevação de retalho possui baixa precisão e torna-se muito complicada em áreas com capital ósseo irregular.

A ausência de sintomatologia como edema, sangramento e dor pós-operatória tem sido observada em pacientes submetidos a este tipo de procedimento, com grande satisfação. Muitos pacientes indicaram este tipo de procedimento comparando-o a tratamentos de restauração dentária, não apresentando desconforto pós-operatório (RAO and BENZI, 2007). Neste estudo todos os pacientes foram submetidos à restauração dos 1º molares mandibulares perdidos por meio de cirurgia de instalação de implantes *flapless*, destes, 46 pacientes receberam 51 implantes em regiões com boa altura e largura óssea, provisionalizados imediatamente e restaurados definitivamente após 3 meses com confecção de coroas totais

provenientes do sistema Procera[®]. Em avaliação de 12 meses a taxa de sobrevivência foi de 100%, indicando a viabilidade deste conceito de tratamento.

Segundo Fortin et al. (2006) com o procedimento sem elevação de retalho, pacientes irão experimentar dor de pouca intensidade e por pouco tempo. Em seu estudo, o grupo teste de 30 pacientes foi operado pelo método *flapless* e o grupo controle de 30 pacientes da forma convencional, com avaliação pós-operatória em 2 e 6 dias, tendo como protocolo farmacológico a amoxicilina de 1g (1g no café da manhã e 1g no jantar) e paracetamol de 500mg para ambos os grupos durante 6 dias. O grupo teste recebeu prescrição de ibuprofeno de 400mg caso sentisse sintomatologia dolorosa e o grupo controle predinisona por 4 dias. Como resultado, no segundo dia pós-operatório, 21 pacientes do grupo teste não possuíam nenhuma sintomatologia dolorosa enquanto apenas 12 pacientes do grupo controle apresentavam-se nesta situação. Ao final do sexto dia pós-operatório, nenhum paciente do grupo teste encontrava-se com dor moderada e forte enquanto 3 pacientes do grupo controle apresentavam-se com dor moderada.

Em um acompanhamento de 5 anos de pacientes submetidos a procedimento reabilitador cirúrgico e protético, sem elevação de retalho em mandíbulas edêntulas, foi encontrado uma taxa de sobrevivência de 98,9%, enquanto que em pacientes fumantes esta taxa diminuía para 81,2% em um acompanhamento de 4 anos e meio. Mostrando ser o consumo de tabaco uma contra-indicação na osseointegração já bem estabelecida anteriormente, também para este tipo de procedimento (SANNA et al., 2007).

Segundo Malo et al. (2007) a associação da cirurgia guiada por computador, com a cirurgia *flapless* e a aplicação de carga imediata aos implantes pode ser recomendada como alternativa viável no tratamento reabilitador de mandíbulas completamente edêntulas. Porém algumas contra-indicações limitam o uso desta metodologia, que inclui: insuficiente volume ósseo, insuficiente abertura de boca para acomodar os instrumentais necessários para cirurgia guiada, necessidade de redução do nível ósseo devido a linha de sorriso alta, crista óssea irregular ou fina.

Em seu trabalho Becker et al. (2006) compararam a técnica de instalação de implantes sem reflexão de retalho mucoperiosteal com a técnica convencional, buscando responder as seguintes questões: 1) Os implantes instalados em ambas as técnicas osseointegram da mesma forma? e 2) Existe epitélio ou tecido conjuntivo impelido para dentro da osteotomia durante a preparação do leito cirúrgico que pudesse interferir na osseointegração? Foram utilizados 5 cães da raça Labrador Mongel, onde implantes com superfície TiUniteTM instalados na mandíbula, sendo em um quadrante com retalho e no outro sem retalho. Após 3 meses, a

análise histológica mostrou que a porcentagem de contato entre osso e implante era de 54,7% no grupo *flapless* e de 52,2% no grupo controle, não apresentando diferenças significativas entre ambos os grupos. Não foram encontrados indícios ou vestígios de tecido gengival ou qualquer outro tecido estranho nesta interface, mostrando similaridade entre os dois grupos.

2.2 Prototipagem na odontologia

A definição de estereolitografia, de acordo com Chilvarquer et al. (2004), é baseada na utilização de modelos físicos (protótipos) gerados a partir de um ambiente virtual, que permitem a simulação de cirurgias ou de objetos. Dentre as tecnologias mais utilizadas para confecção de biomodelos, apresentam-se as seguintes alternativas: estereolitografia, sinterização seletiva a laser, modelagem por deposição de material fundido, e fabricação por laminação do objeto. Esta tecnologia possui um grande número de vantagens, mas as principais se alicerçam na redução do tempo cirúrgico e na previsibilidade.

O planejamento pré-operatório de cirurgias complexas da região de cabeça e pescoço utiliza usualmente imagens de tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Uma reconstrução tridimensional completa das estruturas envolvidas nessas regiões pode proporcionar um acesso privilegiado às áreas anatômicas de interesse, elucidando detalhes que não podem ser vistos nos filmes radiográficos convencionais. O planejamento cirúrgico utilizando-se de prototipagem deve ser individualizado pelo alto custo do procedimento (SINN et al., 2006). Seu uso parece reduzir o tempo do procedimento cirúrgico e mostrou ser um método eficiente para planejamento de cirurgias complexas que incluem ressecção óssea de face ou mandibular (STECK et al., 2007).

A utilização do conceito de planejamento reverso ampliou a aplicação dos exames imaginológicos no diagnóstico e tratamento cirúrgico de diversas deformidades bucodentofaciais. Na implantodontia, tem-se mostrado especialmente útil para o diagnóstico, planejamento e simulação cirúrgica das fixações zigomáticas, pois promove a unificação da linguagem entre paciente e profissional, facilitando a compreensão real do procedimento a ser realizado. Permite também o treinamento prévio da equipe cirúrgica, minimizando erros e otimizando resultados (SAMMARTINO et al., 2004; FREITAS et al., 2005).

Modelos estereolitográficos são cópias grosseiras dos seus correspondentes modelos reais, de acordo com o estudo de Chang et al. (2003) realizado em crânios secos, onde foram comparados com modelos físicos de crânios secos demonstrando que em regiões de estruturas

delicadas e projeções pequenas essas reproduções não eram fiéis. A média de erro foi menor que 5% em áreas maiores, enquanto em áreas finas e delicadas foi de até 16,2%.

A utilização da prototipagem a partir de tomografias computadorizadas como auxiliar na confecção de guias cirúrgicos adequados a anatomia da região a ser operada é de grande valia, porém não permite ao cirurgião a busca de uma melhor qualidade óssea e, por conseguinte, uma melhor ancoragem (NARY FILHO et al., 2006).

Já para Carvalho et al. (2008) o uso do protótipo gerado pela tomografia computadorizada trouxe excelente precisão no planejamento, permitindo a reabilitação oral do paciente com uma prótese fixa previamente a cirurgia *flapless*.

O uso da tecnologia CAD/CAM no planejamento, construção de modelos anatômicos e guias cirúrgicos melhoram a avaliação e execução de casos complexos anteriormente à fase cirúrgica. Em relação à reabilitação tradicional com implantes, essa nova tecnologia oferece significantes vantagens clínicas e biológicas, tais como: precisa análise da topografia óssea, avaliação da posição do implante em relação a limitações anatômicas, minimizar as decisões no momento da cirurgia e redução de tempo e complicações pós-operatórias (SARMENT et al., 2003).

Prototipagem rápida pode ser definida como um conjunto de processos tecnológicos que permite fabricar objetos físicos tridimensionais (protótipos), a partir de um projeto CAD (Computer-Aided Design). O objetivo é obter um modelo real com as mesmas características geométricas do virtual, que pode ser manipulado para vários fins. Uma das aplicações desta técnica é a reprodução de estruturas anatômicas. O processo de fabricação utiliza dados de imagem da região anatômica de interesse, obtidos por equipamentos de imagens biomédicas, resultando nos biomodelos (NASCIMENTO SILVA, 2004). Os dados obtidos nas tomografias computadorizadas, ressonâncias magnéticas ou ultra-sonografias são armazenadas em arquivos do formato DICOM (Digital Imaging Communicatios in Medicine). O programa de leitura de arquivos DICOM estabelece uma linguagem comum entre os equipamentos geradores de imagem e computadores, estejam estes em hospitais, clínicas ou laboratórios. As imagens no formato DICOM não perdem definição e, conseqüentemente, sua interpretação pode ser realizada em prazo indeterminado (NAGY, 2007).

De acordo com Meurer et at. (2008), os softwares biomédicos reconhecem o formato DICOM e permitem a construção do modelo CAD tridimensional virtual (3D). O CAD envolve a criação de figuras por meio de um computador e caracteriza-se por uma modelagem eletrônica e tridimensional de determinado objeto. Em prototipagem biomédica, o modelo

CAD 3D é obtido, geralmente, com a sobreposição de vários cortes de um exame tomográfico, aproximados por um conjunto de faces triangulares em softwares específicos.

A obtenção do modelo CAD 3D envolve várias etapas de manipulação das imagens obtidas. A segmentação constitui uma das fases mais importantes deste processo. É caracterizada pela apresentação dos elementos constituintes de uma imagem. Nesta fase, os elementos de interesse são extraídos para subsequente processamento, visualização e análise. No caso dos protótipos para cirurgias bucomaxilofaciais, em que o objeto de estudo é a peça óssea, a segmentação visa à separação da porção óssea dos tecidos adjacentes (MEURER et al., 2008).

A técnica de segmentação de imagem mais utilizada é a limiarização ou binarização devido à sua execução mais simplificada. Esta operação está quase sempre associada a cálculos matemáticos avançados e consiste basicamente em determinar os objetos de interesse em uma imagem. A ferramenta de segmentação utilizada neste método é denominada *threshold*. Este recurso permite delimitar um intervalo de densidades tomográficas, possibilitando a separação e identificação dos tecidos escolhidos em relação aos demais. Essa identificação é baseada no valor dos níveis de cinza de cada pixel (de acordo com a escala Hounsfield), enquanto que os demais são eliminados (SOUZA et al., 2003).

A associação do CAD ao CAM (Computer-Aided Manufacturing) permite a construção de modelos reais através das técnicas de prototipagem. Nesta etapa, o arquivo CAD é convertido em um formato apropriado para a prototipagem. O formato *.stl, originado da palavra Stereolithography, ganhou a preferência dos sistemas de prototipagem, pois, além de ser aceito como padrão, é o mais utilizado como interface entre os processos desta tecnologia. Os arquivos *.stl da *workstation* são transmitidos para o computador da estação de prototipagem, via internet, onde eventuais erros são corrigidos e os parâmetros para construção do protótipo, definidos (SOUZA et al., 2003).

Segundo Gomide (2000) e Grellmann (2001), na construção dos biomodelos, comumente são utilizadas técnicas aditivas. Os sistemas aditivos, de fabricação por camadas, podem ser classificados em:

- sistemas baseados em líquidos;
- sistemas baseados em pó;
- sistemas baseados em sólidos.

Os protótipos biomédicos possibilitam visualização e manipulação direta das áreas a serem abordadas cirurgicamente. Estruturas da anatomia óssea do paciente podem ser medidas e o ato operatório, simulado. Estes procedimentos, prévios à cirurgia, aumentam a

previsibilidade da técnica, a aplicabilidade do planejamento realizado e podem reduzir o tempo cirúrgico (CHOI et al., 2002; SARMENT et al., 2003; MEURER et al., 2008).

Erickson et al. (1999) avaliaram a opinião de cirurgiões bucomaxilofaciais sobre a utilização de modelos de estereolitografia no diagnóstico, definição do plano de tratamento, simulação do procedimento cirúrgico e confecção de implantes aloplásticos para reconstruções anatômicas. Setenta e seis biomodelos foram confeccionados no período estudado. Durante a fase de planejamento, 69% dos entrevistados utilizaram os protótipos como auxiliar no diagnóstico e, em 92% dos casos, estes foram empregados para a determinação do plano de tratamento. Setenta e três por cento dos profissionais utilizaram os biomodelos para orientar seu paciente quanto ao procedimento a ser realizado. Cirurgias simuladas pré-operatórias foram realizadas em 38% dos casos. O tempo cirúrgico foi considerado menor por 77% dos cirurgiões, em relação a cirurgias sem estudo de protótipos, assim como a extensão do acesso cirúrgico, que foi ressaltada por 38% dos participantes. Procedimentos mais complexos foram realizados com maior segurança e previsibilidade, sendo destacados por 46% dos entrevistados. Apesar da grande aplicabilidade dos biomodelos, observada em 96% dos casos, apenas 15% dos cirurgiões consideraram a utilização da prototipagem rápida essencial para o tratamento do paciente. Como conclusão os autores destacaram o uso de protótipos na busca de resultados mais previsíveis e duradouros.

Em estudo semelhante, Erben et al. (2002) entrevistaram 38 cirurgiões bucomaxilofaciais para investigar as principais indicações dos biomodelos e os benefícios advindos de sua utilização no planejamento pré-operatório. Os biomodelos foram utilizados no planejamento de cirurgia para instalação de implantes osseointegrados e outros procedimentos. Os profissionais inclusos no estudo manifestaram que o uso de protótipos biomédicos aumentou a qualidade do diagnóstico, possibilitou a simulação das intervenções no pré-operatório, facilitou o entendimento dos pacientes e serviu de orientação no trans-cirúrgico. Wulf et al. (2003) publicaram um estudo com o objetivo de avaliar a relevância dos protótipos biomédicos nas etapas pré, trans e pós-operatórias de cirurgias bucomaxilofaciais. Cinquenta e quatro profissionais foram entrevistados, descrevendo suas experiências sobre um total de 466 casos. As vantagens da utilização de biomodelos, destacadas nos estudos anteriormente citados, foram corroboradas por esta pesquisa.

Na Implantodontia, as técnicas de prototipagem não possuem aplicação somente na construção e análise de biomodelos. Com o advento de sofisticados métodos de aquisição, manipulação de imagens e softwares de planejamento virtual, a construção de guias cirúrgicos prototipados tem permitido o estabelecimento de uma relação mais confiável entre a posição

planejada (virtual) e final dos implantes dentários (real). Este aumento da previsibilidade da posição das fixações e da futura prótese está baseado nos conceitos da técnica de cirurgia guiada em implantodontia (GARG, 2006; ROSENFELD et al., 2006).

2.3 Tomografia Computadorizada Cone-beam

O planejamento pré-operatório pode ser considerado a etapa de maior relevância para a obtenção de sucesso nas reabilitações orais com implantes osseointegrados. As tomografias computadorizadas (TC) constituem exames fundamentais para o auxílio do diagnóstico adequado e definição do plano de tratamento. As imagens de TC permitem a determinação dos potenciais sítios receptores de implantes, por meio da análise da quantidade óssea disponível e da localização das estruturas anatômicas. Com base nestas informações, pode-se constatar a necessidade de eventuais reconstruções ósseas e determinar o tipo de prótese a ser confeccionada (GANZ, 2005; ALMOG et al., 2006).

A tomografia computadorizada (TC) é um método de diagnóstico por imagem que utiliza a radiação X e permite obter a reprodução de uma secção do corpo humano em qualquer dos três planos do espaço (GARIB et al., 2007).

Na TC, um sistema de detectores é utilizado para medir a atenuação de um feixe colimado de raios X em uma série de projeções através do paciente. Em seguida, técnicas de reconstrução matemática são empregadas por programas de computador específicos para calcular um valor dentro de uma escala de tons de cinza para cada ponto (pixel) do corte. Esta informação é utilizada para produzir uma imagem eletrônica (STIMAC & KELSEY, 1992).

Esta tecnologia proporciona uma menor dose de radiação e uma qualidade maior de imagem do que a tomografia médica convencional, com distinção de estruturas delicadas (GUERRERO et al., 2006). O tomógrafo é constituído por um tubo que emite raios-x em forma de feixe cônico e um sensor receptor. Estes sensores possuem atualmente 12 bits a 16 bits, isto é, quanto maior a quantidade de bits melhor é a qualidade da imagem gerada. O escaneamento demora de 10 a 40 segundos e as imagens obtidas geram um volume cilíndrico reconstruindo um grande número de projeções. Em relação à tomografia tradicional (espiral e helicoidal), a do tipo Cone-Beam possui várias vantagens: redução do custo, menor radiação, menor tempo de escaneamento, menor movimentação e maior conforto do paciente, e cortes mais precisos de 0,2 a 0,4 mm (JABERO & SARMENT, 2006 e BUENO et al., 2007).

Nigro et al. (2006) relataram outra possibilidade desse tipo de exame com a reformatação dos cortes, obtendo-se uma visão tridimensional da região avaliada e a possibilidade de confecção de um protótipo através da esteriolitografia. Já para medição da mucosa gengival se faz necessário o uso de material de contraste para delimitação do tecido fibromucoso.

Loubelle et al. (2007) fizeram uma comparação entre tomografia computadorizada Cone-Beam, tomografia espiral e tomografia computadorizada pluridirecional. Os resultados indicaram que em mandíbulas secas as medições realizadas são confiáveis tanto na tomografia Cone-Beam quanto na tomografia espiral, mesmo que na média elas reduzam ligeiramente a espessura do osso. No quesito qualidade de imagem a tomografia Cone-Beam ofereceu melhor visualização de detalhes de pequenas estruturas ósseas e a tomografia espiral melhor visualização do osso cortical e da gengiva.

Comparando a tomografia médica com a tomografia Cone-Beam, Kobayashi et al. (2004), apresentaram valores obtidos por medidas anatômicas e radiográficas em crânio secos onde a tomografia Cone-Beam apresentou maior precisão (margem de erro de 1,4%) em relação à tomografia médica (margem de erro de 2,2 %).

A visualização de defeitos anatômicos e estruturas nobres são uma das principais funções das imagens fornecidas por exames radiográficos. Radiografias bidimensionais não provêm informação sobre espessura óssea e localização de estruturas vitais em direção buco-lingual diminuindo a eficácia deste tipo de exame. Peker et al. (2008) investigaram a eficiência da radiografia panorâmica, tomografia convencional e tomografia computadorizada para detecção do canal mandibular antes do planejamento de implantes dentários. Enquanto a taxa de ampliação de 28% a 34% foi observada com radiografia panorâmica, a tomografia convencional foi de 40% e a tomografia computadorizada foi de 4%. A localização do canal mandibular não foi determinada em 19,4% das visualizações em radiografia panorâmica e 13,9% das tomografias convencionais, já nas tomografias computadorizadas foram visualizadas em todas as tomadas radiográficas. Estes autores concluíram que a tomografia computadorizada apresentou-se como o exame radiográfico mais consistente com a realidade, não podendo faltar no planejamento de implantes na região posterior da mandíbula.

Danos causados ao feixe vasculo-nervoso alveolar inferior, especialmente distúrbios neurosensoriais na região mental, é uma freqüente complicação em pacientes submetidos a cirurgias na região posterior da mandíbula (YU & WONG, 2008). Para demonstrar a precisão das imagens obtidas de tomografias computadorizadas Cone-Beam, Lagravêre et al. (2008) avaliaram a precisão das imagens fornecidas pelo tomógrafo Newton 3G em relação as

mensurações realizadas em uma máquina de medição de coordenadas (gold standard). Como resultado deste estudo, o tomógrafo produziu imagens comparadas a realidade, a razão de 1 para 1.

O advento da tomografia computadorizada cone-beam (TCCB) ou tomografia computadorizada volumétrica representa o desenvolvimento de um tomógrafo relativamente pequeno e de menor custo, especialmente indicado para a região dentomaxilofacial. O desenvolvimento desta nova tecnologia está provendo à odontologia a reprodução da imagem tridimensional dos tecidos mineralizados maxilofaciais, com mínima distorção e dose de radiação significativamente reduzida em comparação à TC tradicional, de feixe em leque (HASHIMOTO et al., 2006; GARIB et al., 2007; SUOMALAINEN et al., 2008).

O aparelho de TC de feixe cônico é muito compacto e assemelha-se ao aparelho de radiografia panorâmica. Geralmente, o paciente é posicionado sentado, mas, em alguns aparelhos, acomoda-se o indivíduo deitado. Apresenta dois componentes principais, posicionados em extremos opostos da cabeça do paciente: a fonte ou tubo de raios X, que emite um feixe em forma de cone, e um detector. O sistema tubo-detector realiza somente um giro de 360 graus em torno da cabeça do paciente e, a cada determinado grau de giro (geralmente a cada 1 grau), o aparelho adquire uma imagem base da cabeça do paciente, muito semelhante a uma telerradiografia, sob diferentes ângulos ou perspectivas. Ao término do exame, essa seqüência de imagens base (raw data) é reconstruída para gerar a imagem volumétrica em três dimensões, por meio de um software específico com um sofisticado programa de algoritmos, instalado em um computador convencional acoplado ao tomógrafo. O tempo de exame pode variar de 10 a 70 segundos (uma volta completa do sistema), porém o tempo de exposição efetiva aos raios X é bem menor, variando de 3 a 6 segundos (SCARFE et al., 2006; GARIB et al., 2007).

Alguns estudos estabeleceram comparações entre as TCCB e TCFB (Tomografia Computadorizada Fan-Beam ou de Feixe em Leque) para avaliação da capacidade de reprodução da anatomia da área estudada. Hashimoto et al. (2006) investigaram a qualidade das imagens tomográficas adquiridas por aparelhos de feixe cônico e *fan-beam multislice*. Cortes tomográficos de 2 mm de uma maxila humana seca, lado direito, foram analisados por 5 cirurgiões-dentistas, considerando a qualidade e a reprodutibilidade das estruturas anatômicas: tecido ósseo, esmalte dentário, dentina, cavidade pulpar, espaço do ligamento periodontal e lâmina dura. Para a observação de todos os itens, a TCCB apresentou resultados equivalentes ou superiores à TCFB multislice ($p < 0,01$). Em continuação do estudo anterior, Hashimoto et al. (2007) acrescentaram ao trabalho a observação de imagens adquiridas pelo

tomógrafo multislice com variação nos parâmetros para visualização específica de tecidos dentários e ósseo. Ainda assim, os resultados observados nas tomografias cone-beam foram superiores, caracterizando este tipo de exame de imagem como de grande utilidade em odontologia.

Loubele et al. (2007) avaliaram, por meio de medidas lineares, as dimensões de 25 mandíbulas humanas secas em cortes de TCCB e TCFB helicoidal convencional. As mensurações diretas, na peça anatômica, foram, em média, 0,23 mm e 0,34 mm maiores em relação às medidas realizadas nas tomografias de feixe cônico e de feixe em leque, respectivamente. No mesmo trabalho, foi avaliada a qualidade da imagem de uma maxila humana com tecidos moles submetida à TCCB e TCFB multislice. Os autores concluíram que para avaliação das dimensões ósseas, as tomografias apresentaram resultados satisfatórios, apesar de subestimarem o tamanho real do objeto. Quanto à qualidade da imagem, a TCCB apresentou melhores resultados na visualização de pequenas estruturas, como lâmina dura e espaço do ligamento periodontal, enquanto que a TCFB permitiu observação mais fiel de cortical óssea e tecido gengival.

Em estudo semelhante, em 2008, Suomalainen et al. realizaram tomografias computadorizadas cone-beam e fan-beam multislice de mandíbula humana, com e sem tecidos moles. Os autores realizaram medidas lineares, necessárias para o planejamento da colocação de implantes dentários em duas áreas edêntulas e uma região dentada. Dispositivos metálicos foram fixados na crista alveolar e na vestibular das áreas edêntulas, com o objetivo de padronizar o corte tomográfico analisado. Na região dentada, apenas o dispositivo vestibular foi colocado. Dois especialistas em radiologia bucomaxilofacial observaram as imagens obtidas, selecionando os cortes nos quais os aparatos metálicos eram mais visíveis. As medidas realizadas foram: altura total da mandíbula, distância da crista alveolar ao canal mandibular, espessura da cortical óssea no aspecto mais inferior da peça anatômica e espessura vestibulo-lingual da mandíbula passando pela margem superior do canal mandibular. A mandíbula foi seccionada nas áreas de interesse em cortes de 4 mm de espessura. As seções foram micro radiografadas e utilizadas como padrão-ouro no estudo. O erro de mensuração mostrou diferença estatisticamente significativa entre os métodos avaliados ($p=0,022$). O referido erro foi de 4,7% nas imagens obtidas pela TCCB, em mandíbula seca, e 8,8% na TCFB. Na simulação com os tecidos moles, o erro de mensuração foi de 2,3% e 6,6%, respectivamente. A redução da dose de radiação na tomografia multislice não alterou significativamente os resultados obtidos. Os autores concluíram que a tomografia

de feixe cônico é uma ferramenta confiável para mensurações da quantidade óssea durante o planejamento de cirurgias para colocação de implantes dentários.

Segundo Jabero & Sarment (2006) todos os tomógrafos computadorizados fornecem programas que permitem a visualização e navegação das imagens geradas pela fonte. A diferença entre esses programas está nos recursos adicionais. Pode-se navegar de forma interativa e simular diversas situações, pois alguns programas possuem uma base de dados com os modelos de implantes com as formas e dimensões do que estão disponíveis no mercado, bem como suas conexões protéticas.

2.4 Carga Imediata

Carga imediata de implantes dentários pode ser definida como a aplicação de carga oclusal em até 48 horas após a instalação dos implantes, eliminando o inconveniente do segundo passo cirúrgico (GARCIA et al., 2008). Estudos têm mostrado que a carga imediata possui taxas de sucesso similares as reportadas ao tratamento convencional de implantes dentários. Porém certos cuidados da técnica têm que ser levados em consideração, tais como, qualidade óssea, superfície de implantes, adequada estabilização primária (maior que 35N/cm), quando possível esplintagem da prótese, pacientes não fumantes e sem enxertos ósseos simultâneos, representando o ideal para o sucesso desta técnica (AVILA et al., 2007).

Wöhrle (1998) relatou vantagens em procedimento de carga imediata logo após a extração dentária, como a manutenção da arquitetura de tecidos moles e duros com melhor previsibilidade estética. Também descreveu que tal procedimento constitui uma alternativa de reabilitação, por minimizar problemas funcionais e psicológicos, comuns quando do uso de próteses provisórias removíveis, na maioria das vezes insatisfatórias.

Degidi e Piatelli (2003) descreveram diferenças entre carga funcional e não-funcional. Carga funcional imediata de implantes envolveu pacientes que receberam próteses com função oclusal no dia da colocação do implante, enquanto carga imediata não funcional envolveu a confecção de uma prótese 1 a 2 mm em infra-oclusão. Nesse estudo, 646 implantes foram posicionados imediatamente, 422 receberam carga funcional e 224 receberam carga não funcional. Para o grupo caracterizado pela carga funcional, a sobrevida de implantes foi de 98.6% e de próteses foi de 98.5%. Sob carga imediata não funcional a sobrevida do implante foi de 99.1% e da prótese foi de 98.3%.

Lorenzoni et al. (2003) avaliaram clinicamente o resultado da instalação de implantes FRIALIT-2 Synchro em região maxilar anterior seguida de carga imediata com acompanhamento de 12 meses. 12 implantes foram instalados em 9 pacientes com diâmetros de 3,8, 4,5 e 5,5 e comprimento de 13 e 15mm. Nenhum dos implantes foi perdido, em um acompanhamento de 12 meses, resultando em 100% de taxa de sobrevivência. A média de reabsorção da crista óssea avaliada nos primeiros 6 meses foi de 0,45mm e após 12 meses de 0,75mm.

Em um estudo realizado por Güncü et al. (2008), resultados clínicos da instalação de implantes dentários submetidos à carga imediata na região de molares inferiores, em relação a áreas controle de carga convencional no mesmo paciente (após 3 meses da instalação dos implantes) foram avaliados. Para isso foram utilizados 24 implantes em 12 pacientes que possuíam perda dos primeiros molares bilaterais mandibulares. Em um acompanhamento de 12 meses apenas 1 implante foi perdido, do grupo da carga imediata, e não houve diferenças significativas nos resultados apresentados pelos outros implantes quando comparados a estabilidade do implante (IL= 75,36% e CL= 75,64), nível da margem óssea (IL= 0,45 e CL= 0,68) e saúde peri-implantar.

Elementos como custo reduzido, tempo cirúrgico único, melhoria estética e de qualidade psicológica e social para o paciente são consideradas vantagens das técnicas de carga imediata em implantodontia (GLAUSER et al., 2006).

Implantes carregados imediatamente que apresentaram estabilidade primária no momento da instalação podem ser considerados uma alternativa de tratamento válido e previsível (ÖSTMAN et al., 2008). Em seu estudo Donati et al. (2008) avaliaram o resultado da função imediata em implantes usando dois procedimentos distintos para instalação dos mesmos. Participaram do trabalho 151 pacientes que necessitavam de reabilitação das áreas 15/25 e 35/45. No grupo controle os implantes foram instalados da forma convencional, os quais, após 3 meses receberam um pilar protético e carga oclusal. No grupo teste 1, implantes foram instalados da forma convencional e carregados imediatamente, já no grupo teste 2, o procedimento de instalação foi modificado com osteótomo e também receberam carga imediata. Após exames clínicos e radiográficos acompanhados por 12 meses, a média de perda óssea foi de 0,31mm (grupo teste 1), 0,25mm (grupo teste 2) e 0,38mm (grupo controle), não mostrando diferença significativa entre os três grupos.

Pacientes com doença periodontal parecem ser mais susceptíveis a perda óssea em implantes submetidos à carga imediata do que pacientes periodontalmente saudáveis, tornando-se uma contra-indicação para o uso da técnica (HORWITZ et al., 2008).

Vários estudos têm demonstrado a praticabilidade da técnica. No entanto, muitos destes estudos são baseados em dados retrospectivos e casos não controlados. Estudos randomizados, prospectivos e ensaios humanos longitudinais (baseados primariamente em resultados em curto prazo e acompanhados em longo prazo) são até agora escassos neste campo. Porém, de acordo com a literatura disponível, pode-se concluir que a localização anatômica, desenho do implante, e princípios de prótese restritos são a chave para o sucesso dos resultados com implantes submetidos à carga imediata (GAPSKI et al., 2003).

De acordo com a literatura, várias abordagens em estudos controlados a respeito da aplicabilidade da carga imediata podem induzir a uma taxa de sobrevida comparável as dos implantes carregados convencionalmente, e consagrados na literatura (NKENKE & FENNER, 2006).

Em um estudo sobre carga imediata no protocolo com implantes zigomáticos utilizando a cirurgia guiada através do sistema de cirurgia guiada, realizado por Chow et al. (2006), todos os implantes obtiveram sucesso em até 10 meses de controle pós carregamento. Porém a técnica preconizava o levantamento da membrana sinusal para passagem do implante zigomático, fornecendo visualização direta para instalação do mesmo.

2.5 Cirurgia Guiada

Cirurgia guiada em implantodontia é a técnica que permite a definição do posicionamento de implantes osseointegrados em modelo virtual e a transferência deste planejamento para o ato operatório, por meio de guia cirúrgico prototipado e componentes especiais: softwares específicos, técnicas de bioprototipagem e sistemas para a instalação dos implantes (BALSHI et al., 2006a; LAL et al., 2006; KUPEYAN et al., 2006; MARCHACK, 2007). A confecção de um guia cirúrgico, que permita uma reprodução fiel da posição planejada das fixações, pode ser fundamental para o sucesso das reabilitações bucais sobre implantes (GANZ, 2003).

O ambiente virtual dos micro-computadores possibilita a criação de simulações realistas, tanto da condição cirúrgica quanto protética dos planos de tratamento. A partir da manipulação do programa, pode-se selecionar a região edêntula de interesse e inserir virtualmente o implante, tendo selecionado previamente seu tamanho a partir das mensurações de altura e espessura ósseas sendo de grande auxílio para o planejamento de cirurgias de alto grau de complexidade (VAN ASSCHE et al., 2007). A técnica cirúrgica

guiada por computador baseia-se em dados fornecidos por tomografia computadorizada. Cortes tomográficos com 0,4mm de espessura da região de interesse são inseridos no programa que auxiliará no planejamento cirúrgico-protético (CARVALHO et al., 2007).

Para transferir o planejamento para o campo cirúrgico, sistemas de navegação virtual específicos são utilizados para fazerem a leitura dos dados da tomografia computadorizada (formato DICOM) e formatá-los para uma visualização 3D interativa. Guias e modelos prototipados reproduzindo a prótese e ossos maxilares, respectivamente, são gerados através desta tecnologia (VERCRUYSSSEN et al., 2008). Sendo a tomografia a ferramenta mais importante e suficiente para o planejamento da posição ideal dos implantes, e o sistema de navegação cirúrgica apenas um auxiliar no diagnóstico do plano de tratamento (HEILAND et al., 2008).

Van Steenberghe et al. (2002) relataram em um caso clínico seu interesse em investigar a possibilidade de transferência de informações obtidas através de um software de planejamento tridimensional de implantes dentários para o campo operatório. O estudo em questão foi pioneiro, usando inicialmente dois crânios secos para conduzir o experimento e após isso oito pacientes humanos. Com a transferência de informações escaneadas pela tomografia computadorizada para a boca por meio de uma guia cirúrgica de alta precisão o estudo avaliou se tal procedimento permitia a confecção de uma prótese fixa definitiva instalada imediatamente após o ato cirúrgico. O experimento obteve resultados muito satisfatórios e encorajadores, e como conclusão sugeriu que os resultados obtidos fossem investigados mais profundamente para serem aplicados na rotina clínica.

Parell & Triplett (2004) descreveram um programa de interação de imagens geradas pelo tomógrafo que permitia a instalação virtual de implantes e construção de uma prótese precisa e definitiva para se instalar no momento do ato cirúrgico. O programa utilizado era o Oralim[®] (Medicim, Sint-Niklaas, Bélgica) e os pacientes com arcadas totalmente edêntulas eram submetidos a exames de tomografia computadorizada, com cortes a cada 0,6mm ou menos, usando uma prótese total com marcadores radiopacos nas respectivas arcadas indexados aos arcos antagonistas. O estudo apresentou resultados muito positivos com grande precisão na adaptação das próteses, que seria posteriormente a plataforma NobelGuide[®].

Van Steenberghe et al. (2005) publicaram o artigo que pode ser considerado o marco inicial e mais importante estudo produzido sobre o sistema NobelGuide[®]. Este estudo tinha dois objetivos principais: o primeiro era avaliar o conceito incluindo um protocolo de tratamento baseado em imagens obtidas por tomografia computadorizada e numa reconstrução protética fixa pré-fabricada para função imediata em maxila usando uma técnica

cirúrgica sem abertura de retalho; o segundo objetivo era validar a universalidade desse conceito em um estudo clínico prospectivo e multicentro. Vinte e sete pacientes foram incluídos nesse estudo realizado em três centros clínicos sendo estes baseados em universidades na Bélgica, Suécia e Suíça. Todos os pacientes tinham maxila totalmente edêntula e com volume ósseo suficiente para receber pelo menos seis implantes de no mínimo 10 milímetros de comprimento. O tratamento foi executado de acordo com o conceito “Teeth-in-an-Hour”[®] (Nobel Biocare, AB, Gotemburgo, Suécia) que inclui uma guia cirúrgica extremamente precisa e sensível gerada pelo programa de navegação para cirurgia sem retalho e uma supra-estrutura customizada protética pré-fabricada. Desta forma, no estudo, após a obtenção da guia cirúrgica, foram instalados 184 implantes do tipo MK III Brånemark System[®] com superfície TiUnite[®] (Nobel Biocare, AB, Gotemburgo, Suécia) variando entre 6 a 8 implantes por paciente, todos sem abertura de retalho. Os pacientes foram examinados nos períodos de uma e duas semanas e de um, três, seis e doze meses após a cirurgia, para avaliar a estabilidade da prótese, condições do tecido peri-implantar, bruxismo eventual e outros eventos adversos; além da estabilidade individual de cada implante com a remoção da prótese no controle de 1 ano após a cirurgia. Nenhum implante falhou e todas as próteses fixas estavam estáveis e funcionais.

Marchack (2005) publicou um relato de caso clínico seguindo o conceito “Teeth-in-na-Hour”[®] (Nobel Biocare, Gotenburgo, Suécia) descrevendo todo o tratamento executado no paciente sendo que este recebeu a prótese definitiva imediatamente após a instalação dos implantes.

De acordo com Balshi et al. (2006b), este procedimento reduz drasticamente o tempo cirúrgico e o período de recuperação do paciente, fazendo com que o tempo total do tratamento cirúrgico, na maioria dos casos, seja inferior a 60 minutos, e com o mínimo de desconforto pós-operatório do paciente.

Malo et al. (2007) publicaram um estudo clínico avaliando o tratamento de 23 pacientes que receberam 92 implantes (18 maxilas e 5 mandíbulas) durante até 13 meses, sendo que estes foram tratados usando o conceito All-on-4[®] (Nobel Biocare, Gothenburgo, Suécia) associado ao programa NobelGuide[®] (Nobel Biocare, Gothenburgo, Suécia) e ao conceito “Teeth-in-na-hour”[®] (Nobel Biocare, Gothenburgo, Suécia). Os resultados obtidos apresentaram uma taxa de sobrevida dos implantes em 1 ano de 97,8%, sendo de 97,2% para maxila e 100% para mandíbula. Os autores concluíram ser esta uma alternativa de tratamento para as arcadas totalmente edêntulas viável, previsível e com alto índice de sucesso.

O conceito de prótese guiando a implantodontia tem recebido maior atenção na literatura atual. As limitações anatômicas, a quantidade e qualidade óssea podem ser agora avaliadas de forma precisa usando técnicas radiológicas tridimensionais. Nikzad & Azari (2008) realizaram procedimentos utilizando os princípios de cirurgia guiada para o planejamento e para a reabilitação final. Segundo estes autores o planejamento forneceu benefícios para resolução do caso clínico, com versatilidade e restabelecimento funcional comparáveis aos procedimentos tradicionais.

Um planejamento preciso é um pré-requisito para o sucesso clínico em implantes dentários. Um posicionamento errôneo dos implantes aumenta o risco de falhas mecânicas, estéticas e funcionais das próteses. O seguinte estudo avaliou um possível erro entre o planejamento e a posição alcançada usando diferentes sistemas de cirurgia guiada. Apesar das diferenças técnicas, não foi encontrada diferenças significativas entre os grupos SimPlant (Materialise Medical, Leuven, Bélgica), RoboDent LapDoc Accedo (RoboDent GmbH, Berlin, Alemanha) e Artma Virtual Patient (Baumgartner & Rath, Munich, Alemanha). Apresentando precisão correspondente a resolução espacial do tomógrafo computadorizado utilizado (RUPPIN et al., 2008). Sendo uma das desvantagens da técnica relatada por Marchack (2007) a distância inter-arcos para a acomodação dos instrumentais cirúrgicos devido a extensão das brocas.

Guias cirúrgicos, realizados pelo método convencional, apresentam algumas limitações que podem dificultar a obtenção de resultados estéticos e funcionais satisfatórios. Os modelos de estudo, sobre os quais são confeccionados estes guias, fornecem uma representação rígida e não funcional dos tecidos moles que recobrem o rebordo alveolar, impossibilitando a visualização da anatomia óssea da região estudada e, conseqüentemente, inviabilizando a escolha de uma orientação definitiva para os implantes (LAL et al., 2006).

Na técnica de cirurgia guiada em implantodontia para reabilitação de arcos totalmente edêntulos, algumas etapas, prévias ao planejamento da posição das fixações, devem ser seguidas:

- montagem dos modelos de estudo em articulador semi-ajustável;
- enceramento diagnóstico;
- duplicação do enceramento diagnóstico para confecção de guia tomográfico em resina acrílica;
- realização de pelo menos seis perfurações de 1,5 a 2 mm de diâmetro na região vestibular do guia tomográfico e preenchimento com material radiopaco;

- registro interoclusal com silicona de adição ou condensação para orientação durante o exame tomográfico;
- aquisição tomográfica com o guia e o registro em oclusão;
- aquisição tomográfica isolada do guia para casos de cirurgia sem retalho ou *flapless* (PAREL & TRIPLETT, 2004; BALSCHI et al., 2006b; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007).

Os cortes tomográficos adquiridos no formato DICOM devem ser convertidos, em software específico, para a manipulação e reformatação das imagens bidimensionais em tridimensionais. Durante este processo, a imagem isolada do guia tomográfico é sobreposta à sua imagem em oclusão, utilizando-se como referência os pontos radiopacos (PAREL & TRIPLETT, 2004; BALSCHI et al., 2006b; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007). Nesta fase, define-se também o *threshold* a ser aplicado no caso (SOUZA et al., 2003).

Os arquivos obtidos na etapa anterior podem, então, ser abertos em softwares de planejamento da posição dos implantes. Estes programas permitem a visualização dos cortes tomográficos no plano axial, em reconstrução panorâmica e tridimensional (MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007). Possibilitam, ainda, a manipulação da curva de reconstrução panorâmica, sobre o plano axial, obtendo-se cortes ortogonais a ela para a observação da espessura vestibulo-lingual ou vestibulo-palatina do rebordo alveolar (PAREL & TRIPLETT, 2004; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007).

O planejamento virtual permite ao implantodontista a escolha da localização, da orientação e das dimensões dos implantes e pilares protéticos a serem instalados. A emergência dos implantes e sua relação com a futura prótese também podem ser observadas e ajustadas conforme conveniência. Desta forma, as limitações dos guias cirúrgicos convencionais podem ser superadas (LAL et al., 2006). A etapa final do planejamento consiste na definição dos locais de inserção de dois ou mais pinos de estabilização do guia cirúrgico prototipado, que foram dispostos na região vestibular do guia, entre os implantes (BALSCHI et al., 2006b; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007). Após a conclusão do planejamento, os arquivos obtidos devem ser enviados para algum serviço de prototipagem biomédica, onde foram convertidos em um formato apropriado para a obtenção de protótipos (GOMIDE, 2000; GRELLMANN, 2001; MEURER, 2002; PAREL & TRIPLETT, 2004; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007). Considerando a posição dos implantes, um guia cirúrgico é projetado sobre o modelo virtual e enviado para a estação de prototipagem, onde será confeccionado (LAL et al., 2006).

De acordo com Garg (2006), três tipos de guia podem ser fabricados pelas técnicas de prototipagem, assegurando maior previsibilidade na reabilitação bucal com implantes osseointegrados. Os guias ósseo-suportados ou justa-ósseos são fixados após o deslocamento do retalho muco-periosteal. Apresentam como vantagens a estabilidade de posição durante o procedimento de colocação dos implantes e a possibilidade de visualização direta das estruturas anatômicas. A necessidade de acesso cirúrgico mais amplo pode ser considerada uma desvantagem da utilização deste tipo de guia. Geralmente, são utilizados em arcos parcial ou totalmente edêntulos (TARDIEU et al., 2003; GARG, 2006; LAL et al., 2006).

Na técnica que utiliza guias cirúrgicos muco-suportados, a fixação dos pinos estabilizadores é realizada por via transmucosa. A seqüência de brocas para a colocação dos implantes inicia com um punch ou extrator de tecidos moles, com o guia já em posição (PAREL & TRIPLETT, 2004; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007) e estão indicados para arcos totalmente edêntulos. A técnica de duplo escaneamento, que envolve tomografias computadorizadas do guia tomográfico, isoladamente e em oclusão, é obrigatória nestes casos. A vantagem desta técnica é a possibilidade de realização de procedimentos minimamente invasivos, sem deslocamento de retalhos, favorecendo o trans e o pós-operatório (GARG, 2006).

Os guias cirúrgicos dento-suportados são apoiados nos dentes remanescentes do paciente. Estão indicados para reabilitação de regiões parcialmente edêntulas e apresentam bons resultados em cirurgias minimamente invasivas, sem a necessidade de retalho (GARG, 2006). Finalizada a etapa de confecção do guia prototipado, o procedimento cirúrgico para a colocação dos implantes poderá ser realizado, de acordo com as recomendações de cada sistema (ALMOG et al., 2006).

Estudos sobre cirurgia guiada passaram a ser mais destacados na literatura odontológica a partir do início dos anos 2000. Gateno et al. (2003) realizaram uma pesquisa para avaliar a precisão do assentamento de guias cirúrgicos fabricados por estereolitografia e pelo método convencional, em resina acrílica. Sete voluntários com dentição completa foram incluídos na pesquisa. Para cada paciente, foram confeccionados um guia prototipado e outro em acrílico, que foi utilizado como padrão-ouro no trabalho em razão de ser confeccionado pela técnica direta, sobre o modelo de estudo. O espaço entre os dentes e os guias foi avaliado por meio da colocação de fina camada de material para registro de mordida na face interna do guia, seguido de seu posicionamento na boca. As áreas preenchidas pelo material foram mensuradas após a realização de cortes transversais dos guias. A diferença média entre as regiões avaliadas foi de 0,24mm. Os resultados indicaram que os guias cirúrgicos obtidos pela

técnica de estereolitografia apresentam elevado grau de precisão, quanto à sua adaptação sobre os dentes, de modo que o planejamento virtual de sua modelagem pode ser transferido para a cirurgia no paciente.

Sarment et al. (2003b) compararam a precisão do posicionamento final de leitos de implantes, em réplicas de mandíbula humana edêntula, com os planejamentos realizados para a confecção de dois tipos de guias cirúrgicos. Primeiramente, um guia tomográfico contendo cinco pré-molares de material radiopaco (sulfato de bário) foi confeccionado para ser posicionado no lado direito das mandíbulas. Foram realizadas tomografias computadorizadas cone-beam das réplicas, com o guia em posição. Após a manipulação e reformatação das imagens, foi planejado, para cada mandíbula, a instalação de 10 implantes dentários. No lado direito, o planejamento foi realizado de acordo com o longo eixo dos pré-molares radiopacos. No lado esquerdo, onde não foi confeccionado guia tomográfico, a posição dos implantes foi definida e um guia cirúrgico foi construído pelo método de estereolitografia. Os procedimentos de instalação dos implantes foram realizados por cinco experientes profissionais, cada um trabalhando em uma mandíbula. Após a realização da instrumentação com a seqüência de brocas recomendada pelo fabricante, os implantes não foram colocados. Para a obtenção dos resultados, tomografias computadorizadas pós-operatórias foram realizadas e as imagens sobrepostas ao planejamento. A distância média entre a posição planejada e a osteotomia foi de 1,5 mm na porção mais superior e de 2,1 mm no ápice, quando os guias convencionais foram utilizados. As mesmas medidas foram significativamente reduzidas para 0,9 e 1,0 mm com a utilização de guias prototipados ($p < 0,01$). Em média, as variações observadas, quanto à angulação das pretensas fixações, foram de $8 \pm 4,5$ graus e $4,5 \pm 2$ graus nas osteotomias realizadas com guia cirúrgico convencional e de estereolitografia, respectivamente ($p < 0,01$). Os resultados deste estudo demonstraram as vantagens da utilização de guias cirúrgicos prototipados durante a instalação de implantes dentários.

Van Assche et al. (2007) avaliaram a precisão da transferência do planejamento em computador para a colocação de implantes dentários em quatro mandíbulas humanas parcialmente edêntulas e com a presença dos tecidos moles. Todas as etapas da cirurgia guiada foram realizadas sobre as peças anatômicas, desde a moldagem inicial e enceramento diagnóstico, até a instalação dos implantes (12 no total).

Tomografias computadorizadas cone-beam pós-operatórias foram realizadas e as imagens obtidas foram sobrepostas às pré-operatórias, em ambiente virtual. Os implantes colocados apresentaram, em média, uma variação na angulação de 2 graus (0,7 - 4 graus), quando comparados ao planejamento, enquanto que a variação linear foi de 1 mm (0,3 - 2,3

mm) na região mais superficial e 2 mm (0,7 - 2,4 mm) no ápice dos implantes. Os autores concluíram que o planejamento em computador, utilizando imagens obtidas em tomógrafos cone-beam podem ser aplicados em cirurgia para colocação de implantes dentários com guia prototipado (VAN ASSCHE et al., 2007).

Woitchunas (2008) realizou um estudo em 11 mandíbulas humanas secas para avaliação da transferência do planejamento virtual da posição de implantes dentários para o campo operatório. As imagens digitais utilizadas na fase de planejamento foram adquiridas por aparelho de tomografia computadorizada helicoidal multislice. Após as etapas de reformatação e manipulação das imagens, foi planejada a colocação de três implantes em cada mandíbula. As regiões que receberam os implantes variaram de acordo com a área edêntula de cada peça anatômica. Todos os implantes foram instalados pela técnica de cirurgia guiada, com guias confeccionados pelo método de estereolitografia. Para a análise dos resultados, as imagens obtidas nas tomografias pós-operatórias foram sobrepostas às correspondentes ao planejamento virtual. A distância média entre a região mais superficial dos implantes planejados e executados foi de 0,74 mm, enquanto que a variação angular média entre seus longo-eixos foi de 2,25 graus. A avaliação comparativa da pesquisa demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre as posições obtidas e planejadas, indicando a necessidade de estudos complementares para analisar a aplicabilidade desta nova rotina técnica na prática clínica de implantodontia.

Guias cirúrgicos ósseo-suportados, confeccionados pelo método de estereolitografia, foram utilizados em todos os procedimentos. Tomografias computadorizadas pós-operatórias foram realizadas nos cadáveres e as variações entre os implantes planejados e executados, avaliadas. A distância média entre os pontos mais superficiais e apicais dos implantes foi de $0,8 \pm 0,3$ mm e $0,9 \pm 0,3$ mm, respectivamente. O ângulo formado pelos longo-eixos dos implantes apresentou variação média de $1,8 \pm 1,0$ graus. Quanto aos pacientes, todos relataram satisfação com a técnica. O acompanhamento clínico-radiográfico de 12 meses não demonstrou alterações nos implantes e na prótese (VAN STEENBERGHE et al., 2002).

Sammartino et al. (2004) realizaram um estudo comparativo dos guias cirúrgicos convencionais e fabricados por estereolitografia, descrevendo um caso clínico de uma paciente com severa atrofia óssea mandibular. Na investigação relatada, os autores utilizaram dois diferentes métodos de planejamento cirúrgico. No primeiro, procederam à construção de um guia cirúrgico em resina acrílica avaliando os aspectos clínicos do caso. A avaliação da quantidade e densidade óssea foi realizada a partir de uma tomografia computadorizada. O guia cirúrgico prototipado foi obtido a partir do planejamento virtual realizado. Os autores

observaram que o planejamento no software permitiu maior precisão e consistência no posicionamento e orientação dos implantes, pois foi possível planejar a posição das fixações nas áreas de melhor quantidade e qualidade ósseas. Por este motivo, a cirurgia da paciente foi realizada com o planejamento virtual e com guias cirúrgicos de estereolitografia. O tempo total de cirurgia foi diminuído com a utilização do guia obtido por prototipagem rápida. Segundo os autores, o planejamento com base na técnica estereolitográfica é seguro e sua aplicação na implantodontia apresenta inúmeras vantagens. Esta tecnologia oferece benefícios biológicos e terapêuticos que simplificam o manejo anatômico-cirúrgico com vistas a uma colocação precisa do implante.

Di Giacomo et al. (2005) descreveram resultados preliminares da aplicação clínica de guias cirúrgicos fabricados pelo método de estereolitografia para colocação de implantes dentários pela técnica de cirurgia guiada. Na pesquisa, foram utilizados guias cirúrgicos prototipados em quatro pacientes, com a colocação de 21 implantes no total. Foram realizados moldagens e enceramento diagnóstico para cada um dos casos e fabricada uma placa-guia rígida que continha uma mistura de elementos radiopacos posicionados sobre as áreas edêntulas. Após o planejamento virtual das fixações, foram gerados três guias de estereolitografia para cada área cirúrgica. Cada um dos guias continha tubos metálicos (guias-broca) de três diâmetros diferentes, conforme a seqüência da fresagem a ser realizada para inserção dos implantes dentários. Os guias utilizados foram dos tipos ósseo-suportados, dento-suportados e dento-ósseo-suportados. Durante a cirurgia, os guias cirúrgicos foram usados em seqüência, do menor para o maior diâmetro dos tubos. Os autores observaram dificuldade no ajuste dos guias em alguns locais, o que promoveu uma diferença significativa entre o planejado e o obtido. O guia cirúrgico dento-ósseo-suportado apresentou maior estabilidade durante o procedimento.

Tomografias computadorizadas pós-operatórias foram realizadas e as imagens sobrepostas ao planejamento. Para todas as comparações do estudo foi verificada uma diferença mais significativa entre as regiões apicais dos implantes. Os resultados obtidos indicaram uma média de variação entre o longo-eixo dos implantes pré e pós-cirúrgico de $7,25 \pm 2,6$ graus. A análise das distâncias coronais e apicais entre os implantes planejados e executados apresentou variação de 1,45mm e 2,99mm, respectivamente. As menores variações foram observadas nos casos onde o guia cirúrgico apresentava maior estabilidade de posição. Os autores destacaram a necessidade da criação de métodos para aumentar a estabilidade dos guias durante a cirurgia, visando diminuir as variações no posicionamento final dos implantes (DI GIACOMO et al., 2005).

Balshi et al (2006b) descreveram um protocolo de planejamento cirúrgico e confecção de prótese definitiva usando tecnologia CAD/CAM e tomografia computadorizada para instalação de implantes na região pterigomaxilar. Citando vantagens obtidas como a entrega da prótese definitiva ao paciente após um ato cirúrgico de menos de 60 minutos, com pouquíssimo ajuste oclusal, e mínima presença de sintomas pós-operatórios como edema, dor e inflamação; os autores consideram o sistema um avanço significativo para a implantodontia e a prótese.

Nickenig & Eitner (2007) avaliaram a transferência do planejamento virtual para a cirurgia de colocação de implantes dentários pela técnica de cirurgia guiada. Foi incluído no estudo um total de 102 pacientes (250 implantes). As áreas posteriores de mandíbula receberam 55,4% dos implantes. Reabilitação de arcos edêntulos ocorreu em 18 casos (7,2%). O planejamento de todos os pacientes foi realizado em computador, a partir de imagens obtidas por tomografias computadorizadas cone-beam. A cirurgia sem retalho foi utilizada para a colocação de 147 implantes (58,8%) e, em todos os casos, o procedimento transcorreu normalmente. Em 98,4% dos pacientes não foram observados problemas para a adaptação do guia cirúrgico e instrumentação trans-operatória. O espaço interoclusal diminuto foi fator limitante para a técnica em quatro pacientes. O planejamento inicial foi modificado em oito casos, nos quais, após a realização do retalho muco-periostal, foi constatada a necessidade de alteração no procedimento de manipulação do tecido ósseo disponível e colocação simultânea dos implantes. Quanto à previsibilidade do tamanho das fixações, apenas um implante necessitou ser substituído, devido à insuficiente espessura óssea, por um de menor diâmetro.

As radiografias panorâmicas pós-operatórias demonstraram que estruturas anatômicas como seio maxilar, canal mandibular, forame mental e dentes vizinhos não foram atingidos, de acordo com o planejamento. Quando comparadas às reconstruções panorâmicas do software de planejamento, foram observadas diferenças consideráveis no ângulo dos implantes em nove casos. Os autores concluíram que o planejamento virtual, a partir de imagens adquiridas pela tomografia cone-beam, pode ser reproduzido na cirurgia de colocação de implantes dentários e constitui método confiável para definição do posicionamento e dimensões das fixações, prevenindo complicações associadas a estruturas anatômicas e possibilitando cirurgias sem retalho (NICKENIG & EITNER, 2007).

Sanna et al. (2007) avaliaram a sobrevivência de implantes inseridos em arcos completamente edêntulos pela técnica de cirurgia guiada, utilizando tomografias cone-beam, guias muco-suportados e carga imediata. Foram incluídos no estudo, 30 pacientes, com idade

compreendida entre 38 e 74 anos (média de 56 anos). O acompanhamento clínico e radiográfico ocorreu por um período máximo de 5 anos (média de 2,2 anos).

De um total de 183 implantes avaliados, 9 foram perdidos (4,9%), sendo que, destes, 8 eram de pacientes fumantes. O índice absoluto de sobrevivência (IAS) dos implantes foi de 95%. O índice cumulativo de sobrevivência (ICS), após 5 anos, foi de 91,5%. Considerando apenas os pacientes não fumantes, o ICS foi de 98,9%. A média de perda óssea foi de 2,6 mm e 1,2 mm nos grupos fumantes e não-fumantes, respectivamente. Os resultados deste estudo indicaram que a instalação de implantes dentários, pela técnica de cirurgia guiada, e colocação imediata de prótese fixa apresentam índices semelhantes ao mesmo tipo de reabilitação sobre implantes reabertos após o período de osseointegração (SANNA et al., 2007).

Leziy & Miller (2006) demonstraram um caso clínico em um artigo ricamente ilustrado onde utilizaram o sistema NobelGuide[®] associado ao uso de osteótomos para levantamento de seio maxilar bilateral fechado com uso de Bio-Oss[®] (Osteohealth, Shirley, EUA) em uma reabilitação total de maxila edêntula, com a instalação de 7 implantes e a entrega de uma prótese provisória imediatamente após o ato cirúrgico. Os autores relataram ter experiência clínica com 290 casos usando osteótomos para levantamento fechado da membrana do seio maxilar com instalação simultânea de implantes dos tipos Replace Select Tapered Groovy[®] ou NobelDirect Groovy[®] (Nobel Biocare, AB, Gotenburgo, Suécia). Esses casos tiveram taxa de sucesso de 97% com 1 a 9 anos em função; sendo essa similar à taxa de sucesso dos autores utilizando protocolos tradicionais de instalação de implantes.

Kupeyan et al (2006) publicaram o relato de um caso clínico onde foi utilizado o conceito “Theeth-in-an-hour”[®] associado à enxertos de aumento vertical de maxila e mandíbula. A instalação dos implantes ocorreu 4 meses após o enxerto ósseo. Os autores concluíram que tornar possível a reabilitação de duas arcadas enxertadas em apenas 4 meses com tamanha precisão, técnica cirúrgica minimamente invasiva e tempos de cirurgia e de tratamento curtos associados a uma recuperação pós-operatória sem eventos, rápida e com mínimo desconforto é um benefício não só para o paciente mas também para toda a equipe envolvida.

3.0 PROPOSIÇÃO

Esta pesquisa tem como propósito:

Avaliar as variações na transferência do planejamento virtual para instalação de implantes dentários pela técnica de cirurgia guiada, através da confecção de guias prototipados, utilizando um dos sistemas disponíveis no mercado nacional (NeoGuide[®], Neodent, Curitiba, Brasil), em réplicas idênticas de mandíbula humana. Onde serão comparados os resultados obtidos dos planejamentos virtuais e dos implantes executados, em sentido horizontal e vertical.

4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada junto ao programa de pós-graduação em odontologia, da Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Duque de Caxias, RJ, como parte integrante da linha de pesquisa em implantologia oral.

4.1 Seleção da amostra

A pesquisa foi realizada em 6 (seis) mandíbulas de poliuretano rígido e maciço, simulando casos de edentulismo total, (Nacional Ossos, São Paulo, Brasil), apresentando imagem radiopaca, verificada previamente por intermédio de um estudo piloto (Figuras 1a e 1b).



Figuras 1a e 1b- Réplica da mandíbula de poliuretano utilizada no estudo. Aspecto frontal e lateral.

4.2 Preparo das réplicas de mandíbula humana

As mandíbulas de poliuretano rígido receberam uma camada de cera laminada 7 (CERAFIX, São Paulo, Brasil) para representar o tecido gengival em primeira instância, o qual foi substituído por um material a base de silicone fornecendo maior veracidade ao planejamento e ato cirúrgico (Fig.2a e 2b), para o acoplamento do guia cirúrgico, tornando o modelo mais próximo da realidade clínica. Como índice para simulação do tecido gengival em cera foi realizado um molde com material de moldagem de uso laboratorial Zetalabor

(Zhermack[®], labordental, São Paulo, Brasil) e realizadas perfurações no mesmo, servindo assim para a injeção de silicone pigmentado de rosa (Fig.2c e 2d).

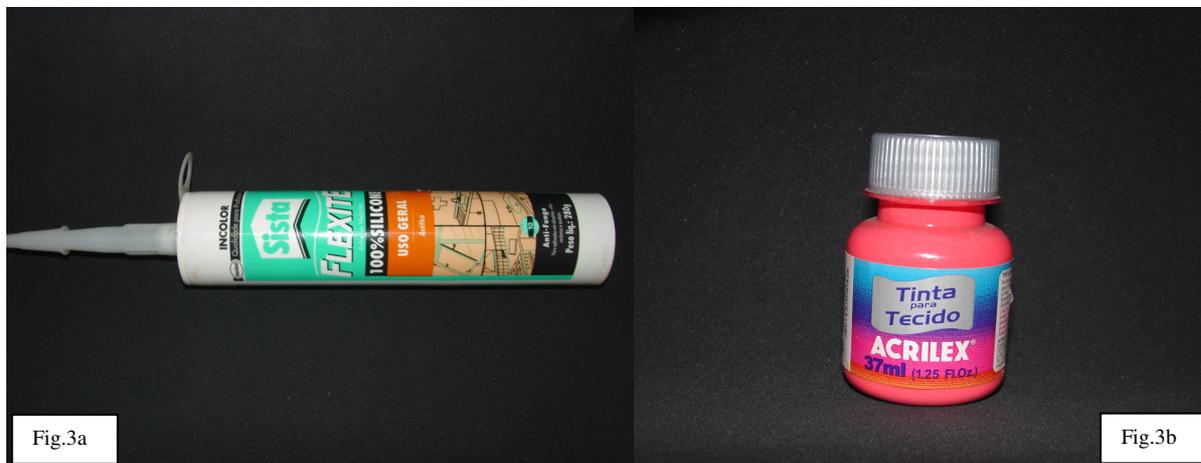


Figuras 2a e 2b- Réplica da mandíbula com a camada de cera rosa laminada, simulando o tecido gengival.



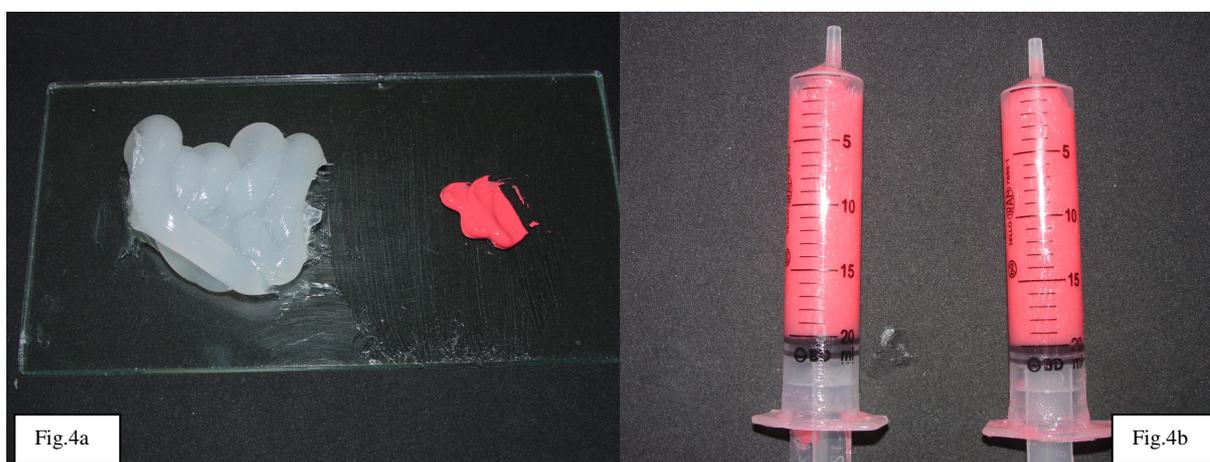
Figuras 2c e 2d- Confeção do índice do encerramento com silicone Zetalabor.

O material utilizado para substituir a cera 7 foi o Flexite (Henkel Ltda, SISTA, São Paulo, Brasil) um silicone acético incolor que foi manipulado juntamente com tinta para tecido (ACRILEX, São Paulo, Brasil) na cor rosa (Figuras 3a e 3b).



Figuras 3a e 3b- Material a base de silicone e tinta para tecido na cor rosa para confecção da gengiva artificial.

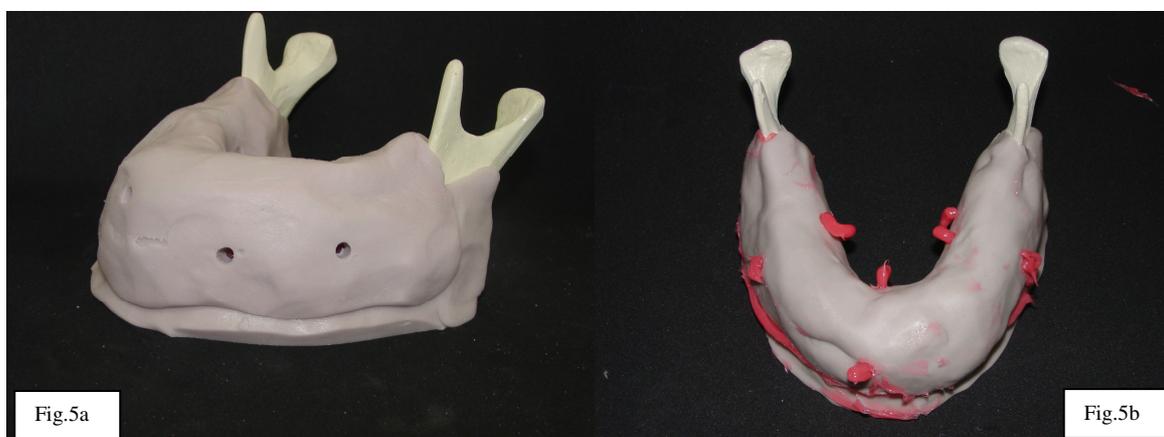
Os dois materiais foram misturados em uma placa de vidro com o auxílio de uma espátula de número 24 e inseridos em duas seringas descartáveis de 20ml cada (Figuras 4a e 4b).



Figuras 4a e 4b- Placa de vidro com o material a base de silicone e a tinta rosa para espatulação e as seringas de 20ml que serviram de veículo para o material preencher o índice de Zetalabor.

Através de perfurações no índice de silicone o material foi injetado com pressão manual através do êmbolo da seringa para acomodação. Após a inserção do material foi

esperado o tempo de presa, e logo que atingido o índice de modelagem foi removido (Figuras 5a e 5b).



Figuras 5a e 5b- Índice de Zetalabor com as perfurações e preenchido com a gengiva artificial.

Após o tempo de polimerização os excessos do material foram devidamente recortados para um melhor acabamento. Sobre a gengiva artificial em silicone aplicada a cada uma das 6 replicas de mandíbulas foram confeccionadas próteses totais convencionais seguindo a seqüência clínica/laboratorial convencional. Estas próteses serviram de base para o planejamento cirúrgico e para a confecção dos guias prototipados através do duplo escaneamento tomográfico (Figuras 6a à 6f).



Figuras 6a e 6b- Mandíbula com gengiva artificial e placa base.



Figuras 6c e 6d- Plano de cera com dentes artificiais e inclusão na base da mufla de processamento da prótese total.



Figuras 6e e 6f- Próteses totais prensadas e polidas.

De acordo com o protocolo da cirurgia guiada, marcas de referência em guta-percha, inseridas na prótese em pelo menos cinco cavidades (1,5 milímetros de diâmetro e 1,0mm de profundidade), serviram como marcadores radiopacos distribuídos aleatoriamente para que houvesse a sobreposição da TC do modelo com a TC do guia.



Figuras 7a e 7b- Próteses com marcações de guta-percha para realização do duplo escaneamento tomográfico.

4.3 Determinação do programa de Computação

Foi selecionado um dos sistemas de interação de imagens de tomografia computadorizada usadas para planejar a instalação de implantes virtualmente. O programa utilizado foi o DentalSlice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) que compartilha a plataforma com o sistema de implantes Neodent através do NeoGuide (Neodent, Paraná, Curitiba, Brasil).

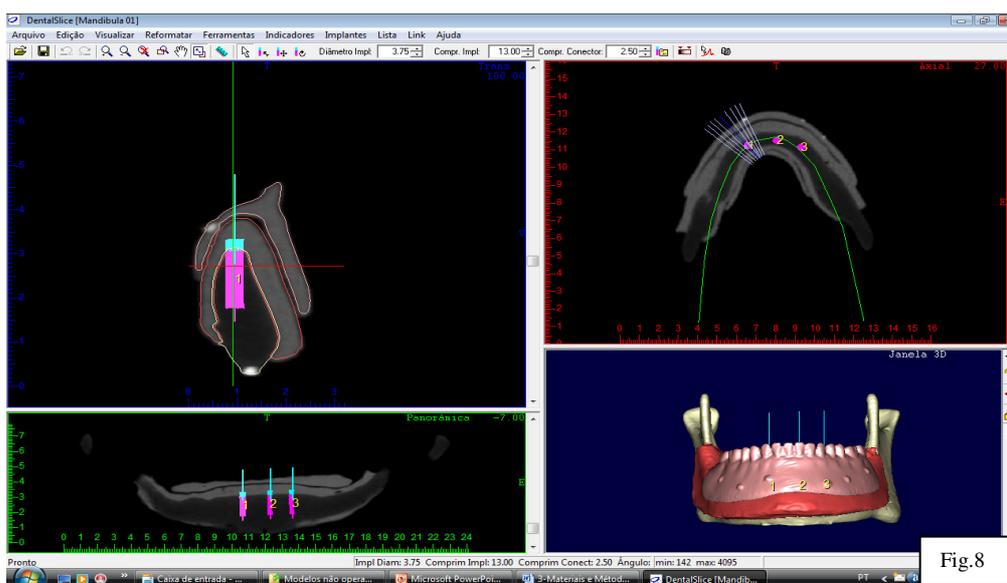


Figura 8- Plataforma DentalSlice. Software DentalSlice®. Fonte: Dados da pesquisa.

4.4 Execução das tomografias computadorizadas de feixe cônico

A tomografia computadorizada utilizada neste estudo foi do tipo cone-beam, realizada no aparelho i-CAT (Imaging Science International, Hatfield, PA, USA) disponível na Clínica Radiológica Dr. Murillo Torres na cidade do Rio de Janeiro/RJ. A aquisição das imagens de cada mandíbula foi realizada dentro de um protocolo de no máximo 40 segundos, com alta resolução e voxel de 0,25mm de dimensões. Os parâmetros utilizados foram de 120 kVp e 23mA, com reformatação de 314 cortes axiais e posterior conversão para o sistema DentalSlice®.



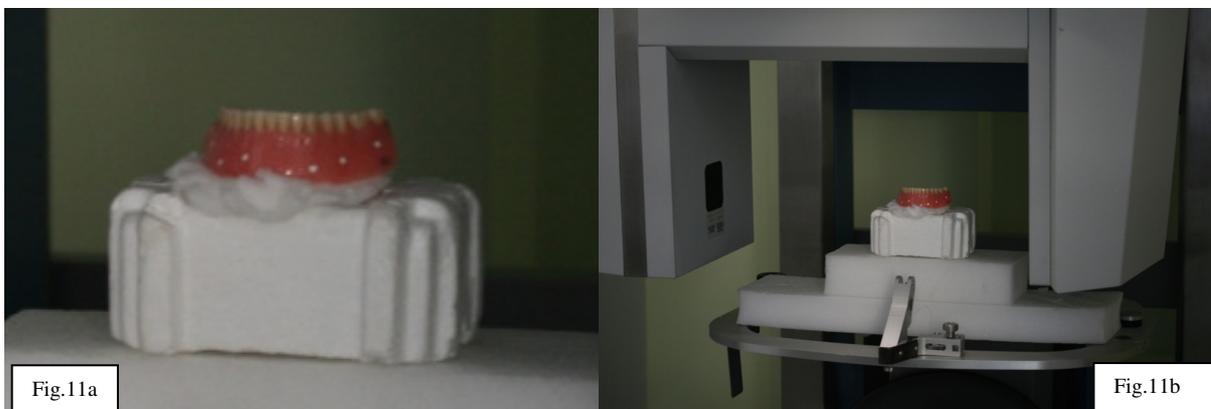
Figura 9- Tomógrafo i-CAT.

Para a realização das tomadas radiográficas, a mandíbula, juntamente com a prótese demarcada foram posicionadas sobre um apoio para que as mesmas pudessem estar em uma posição mais adequada para aquisição das imagens sem causar interferência na imagem da região basilar da réplica.

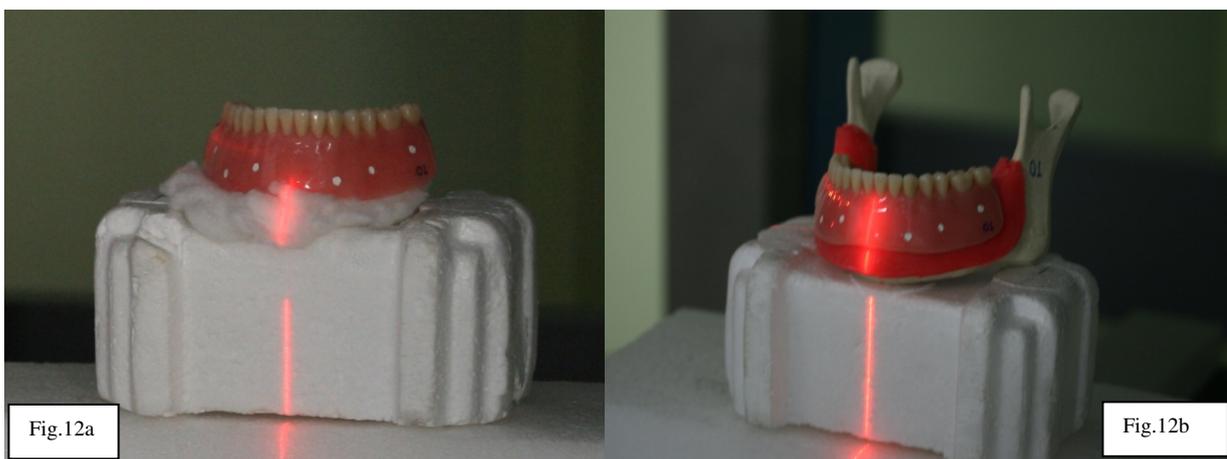


Figuras 10a e 10b- Prótese e mandíbula posicionadas no tomógrafo paralelamente ao plano horizontal.

Imediatamente após, uma segunda tomografia foi tomada apenas da prótese usando o mesmo parâmetro no tomógrafo. Os dois resultados dessas tomadas radiográficas são unidos tendo como base os marcadores de guta-percha radiopacos.



Figuras 11a e 11b- Prótese posicionada no tomógrafo paralelamente ao plano horizontal.



Figuras 12a e 12b- Início do escaneamento em duas partes.

Após esse processo, as imagens adquiridas no formato DICOM foram convertidas para o programa DentalSlice[®] através do programa Bioparts Converter 2.1.5[®], onde foram lidos através do formato *.cnv. A partir desta fase as imagens ficaram disponíveis para planejamento virtual.

4.5 Planejamento virtual

O planejamento tridimensional virtual foi realizado no programa de computação, visando à instalação de três implantes em cada mandíbula e a inserção de quatro pinos de estabilização do guia cirúrgico esteriolitográfico para este estudo. Os arquivos dos

planejamentos foram enviados pela rede de computadores privada que assenta sobre os mesmos protocolos da internet para um centro de tecnologia de manufatura do guia cirúrgico esteriolitográfico (BIOPARTS prototipagem biomédica, Brasília, DF, Brasil).

O primeiro passo foi o reconhecimento das imagens realizado no computador, em um ambiente virtual tridimensional. O programa permite a visualização concomitante dos três planos espaciais (sagital, axial e coronal) através de quatro janelas de visualização: axial, panorâmica, tridimensional e transversal ou cross, das estruturas ósseas e dentes a serem reabilitados na mesma imagem. Este recurso permitiu o planejamento da instalação dos implantes em regiões com quantidade óssea adequada, inclinações favoráveis e posicionamento ideal em relação à prótese, e ainda visualizar o ponto de referência realizado na basilar da mandíbula com guta-percha.

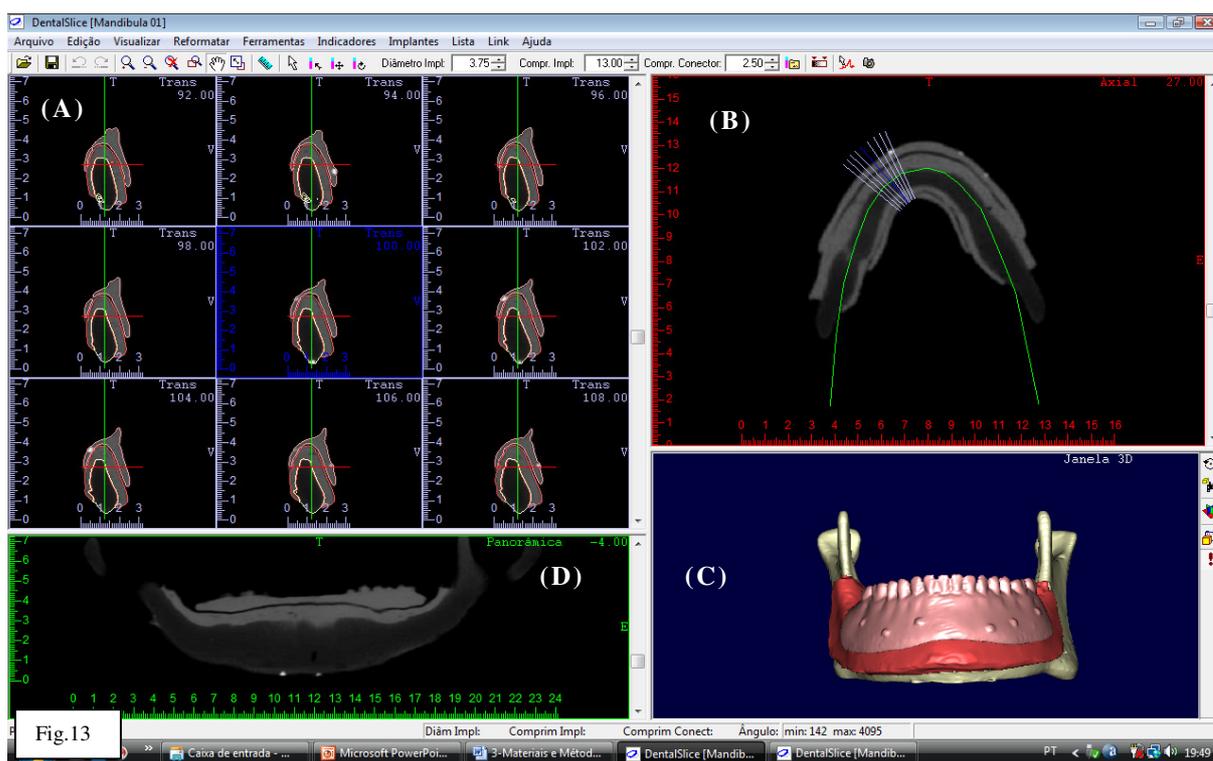


Figura 13- Imagem da tela do computador mostrando as 4 janelas de visualização (A-transversal, B-axial, C-tridimensional e D-panorâmica). Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.

Seguindo com o planejamento, a posição do primeiro implante foi definida da esquerda para a direita. Na janela “Trans” foi identificado uma marcação pré-realizada na basilar da mandíbula com guta-percha a qual auxiliaria na futura mensuração da intrusão do implante e definia a posição ideal do mesmo. Reconhecida esta posição, a região em questão foi evidenciada através do aumento possível pela ferramenta “zoom 9:1” que irá transformar as 9 janelas Trans em 1. Esta posição é delimitada pelo programa por uma linha na cor azul e que também é demonstrada na axial e que pode ser representada nas janelas panorâmica e 3D se for de interesse.

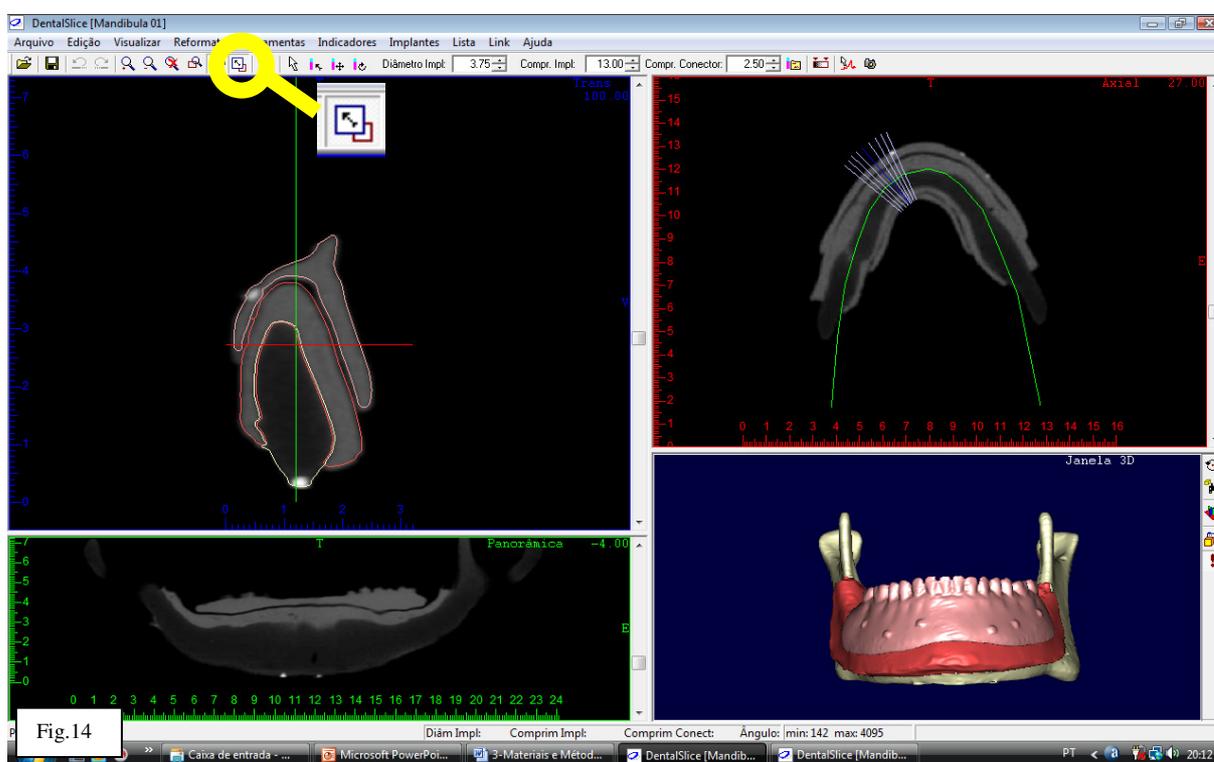


Figura 14- Ícone referente à ferramenta “zoom 9:1”. Possível observar a região escolhida para inserção do implante e a marcação na basilar da mandíbula com guta-percha. Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.

O programa permite a definição das dimensões (diâmetro e comprimento) dos implantes e dos conectores (futuros pilares protéticos) a serem colocados. Nesta pesquisa, foram planejados implantes de 3,75 mm de diâmetro por 13,00 mm de comprimento. Os conectores foram planejados com comprimento de 25,00 mm para ajudar na visualização da

orientação dos implantes. E ainda o planejamento de quatro pontos de fixação da guia cirúrgica com pinos de ancoragem de 1,50 mm de diâmetro e 12,00 mm de comprimento.

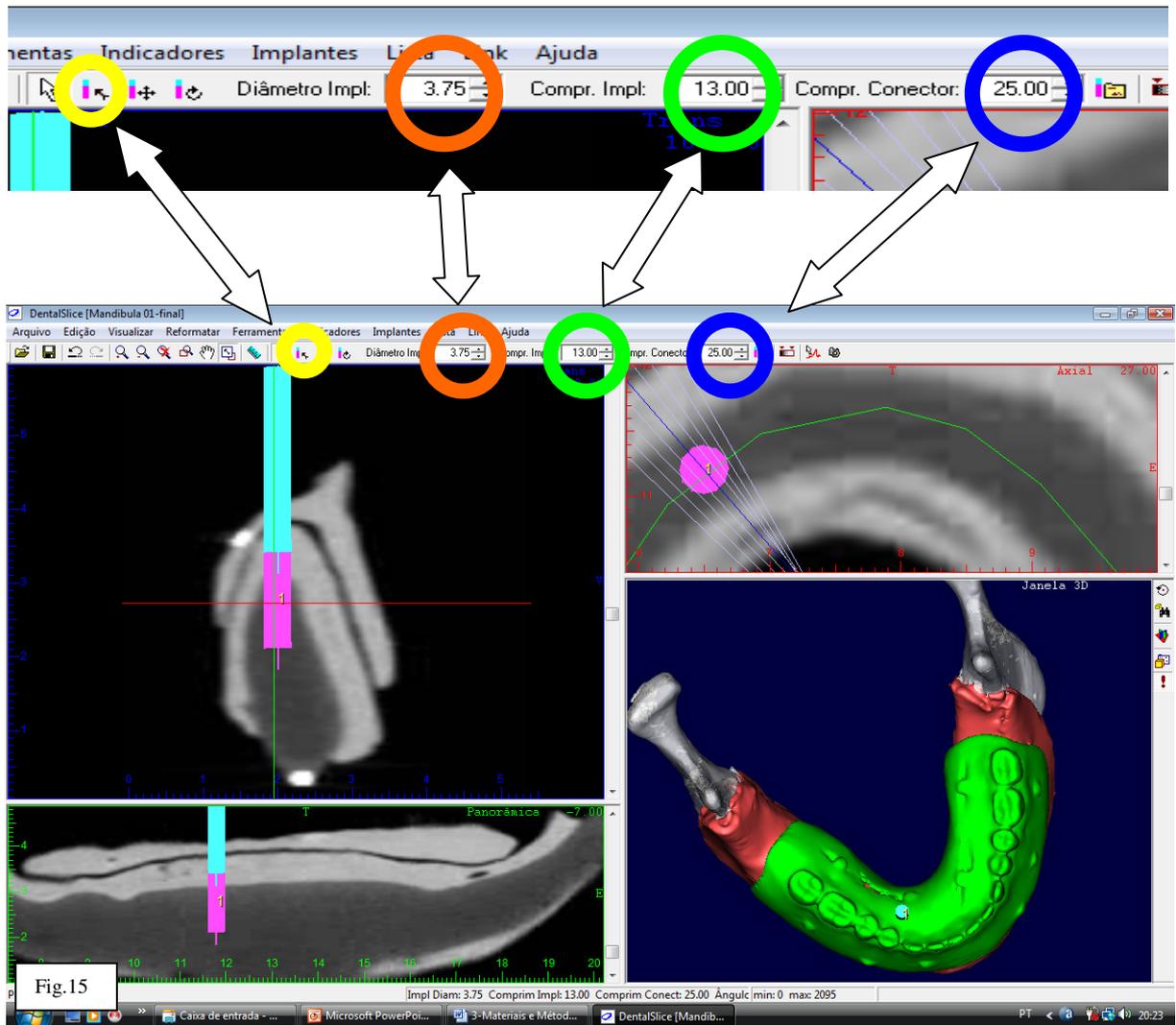


Figura 15- Barra de ferramentas. Importante observar o ícone de inserção de implantes (em amarelo) e logo ao seu lado os ícones diâmetro do implante (em laranja), comprimento do implante (em verde) e comprimento do conector (em azul). Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.

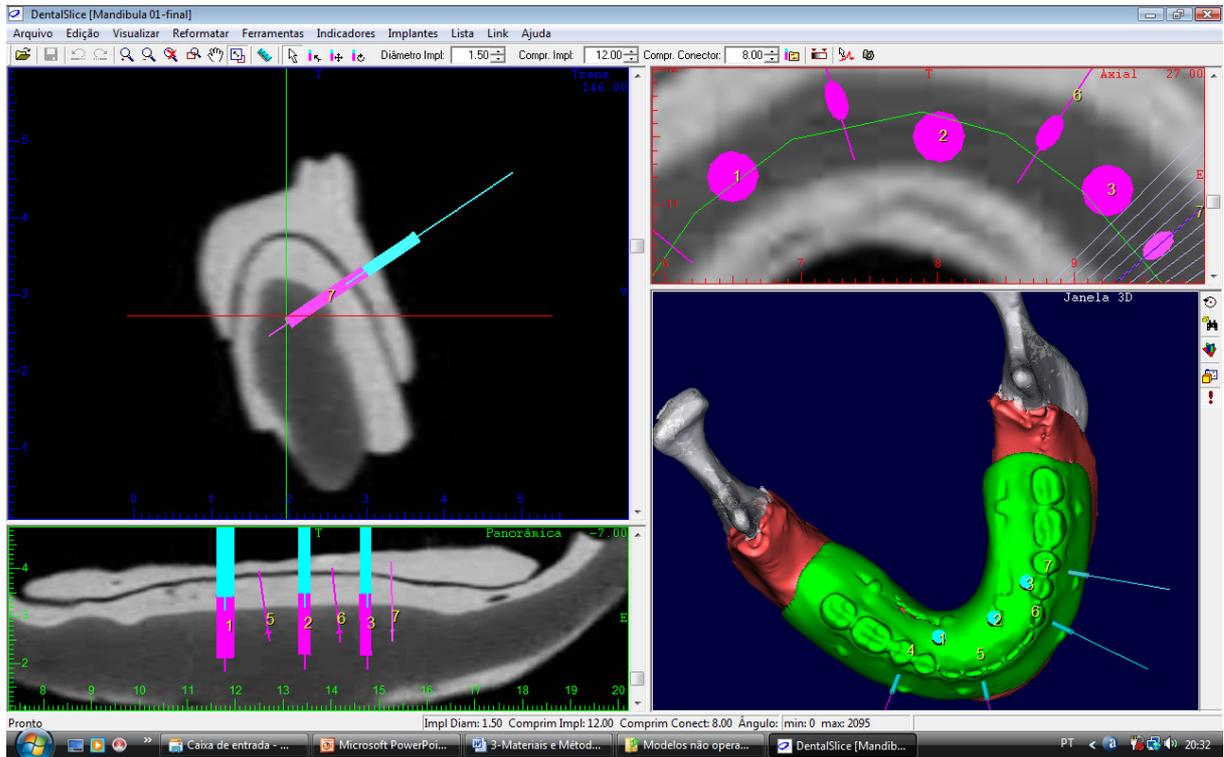


Figura 16- Inserção virtual do pino de estabilização. Segundo o protocolo NeoGuide®, ele possui 1,50 mm de diâmetro e 12,00 mm de comprimento. A porção mais cervical tem que estar no interior da prótese ou guia. Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 17- Janela detalhando o envio do planejamento virtual diretamente para o centro de prototipagem biomédica. Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.

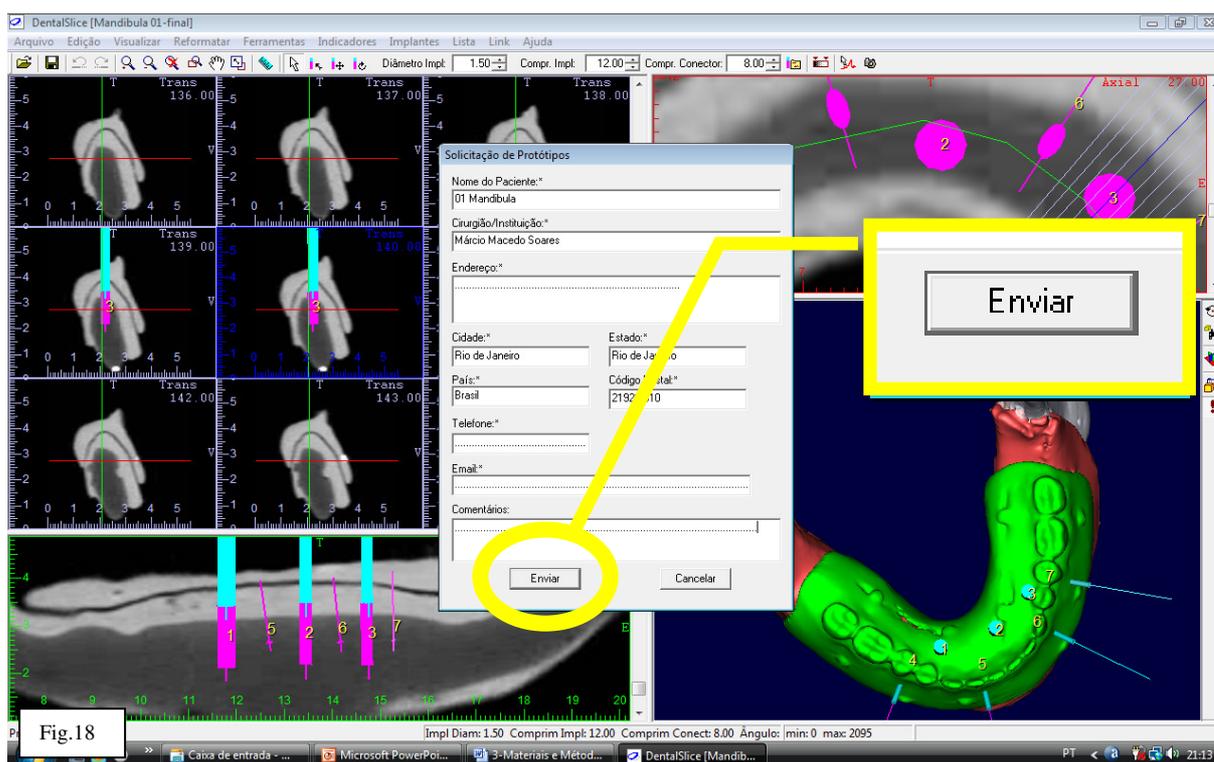


Figura 18- Preencher a solicitação de envio com os dados do paciente e proponente, em seguida terminar pressionando enviar. Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.

Concluído o planejamento, os arquivos de computador obtidos foram enviados para confecção dos guias cirúrgicos prototipados.

4.6 Guia cirúrgico prototipado

Este guia foi confeccionado pelo método de estereolitografia (SLA). O guia contém extrusões cilíndricas nas quais anilhas metálicas (as anilhas são orientadas pelo longo-eixo dos implantes sendo que a distância entre a anilha e o topo do implante é pré-definida em 5,0mm) foram inseridas para transferir com precisão a posição e a inclinação dos implantes, de acordo com o planejamento pré-estabelecido.

A estereolitografia consiste em um sistema baseado em líquidos que apresenta um reservatório de resina líquida fotossensível, uma plataforma de construção (elevador ou bandeja) e um laser de Hélio-Cádmio (HeCd) guiado por espelhos para polimerizar a resina. Iniciada a etapa de construção do biomodelo, também se inicia a construção de uma estrutura de suporte para o protótipo, composta do mesmo material que o sustenta dentro do reservatório de resina, como se fossem filamentos aderidos ao redor do mesmo. Ambos são

gerados no modelo CAD e no formato *.stl, depois transferidos para a máquina de prototipagem. Após a primeira camada de resina ser exposta ao laser, ela se cristaliza. A seguir, a plataforma desce e uma camada subsequente é então polimerizada. Este movimento se repete até o modelo ser completamente construído. Finalizada esta etapa, o biomodelo é colocado em uma câmara de raios ultravioleta (UV) durante 10 minutos, completando o processo. A estrutura de suporte é feita do mesmo material do biomodelo e só é removida após a completa polimerização (WINDER & BIBB, 2005). A técnica da estereolitografia possui precisão dimensional de aproximadamente 0,10 mm (VAN STEENBERGHE et al., 2002).

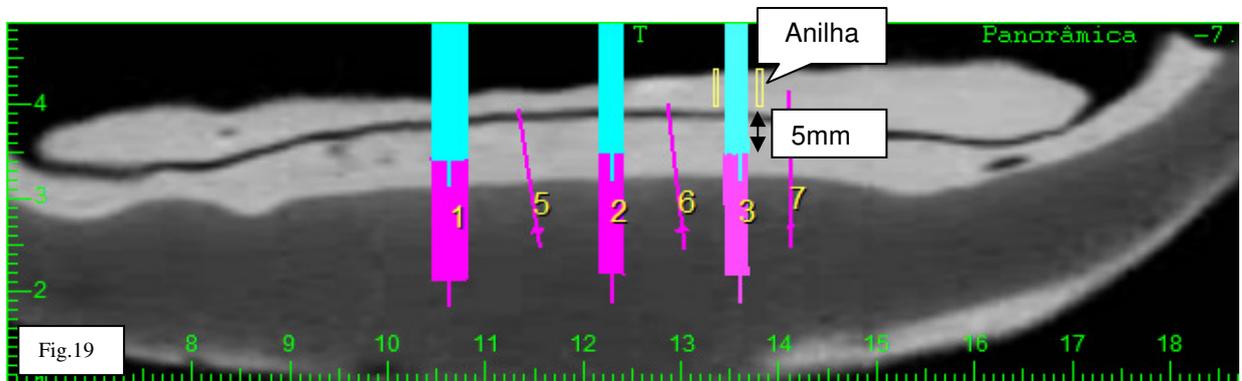
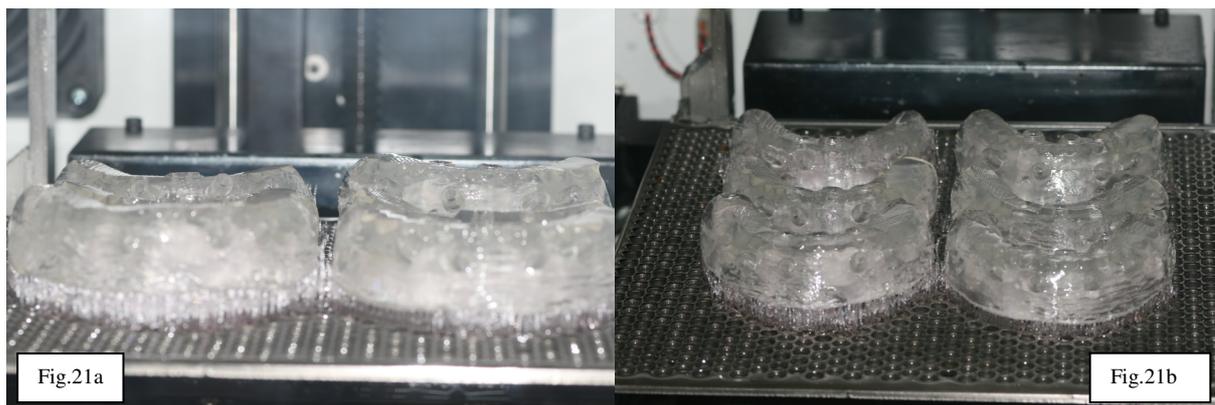


Figura 19- Janela panorâmica demonstrando a posição da anilha em relação ao implante de número 3. Observe que ela está dentro da prótese. Software Dental Slice®. Fonte: Dados da pesquisa.



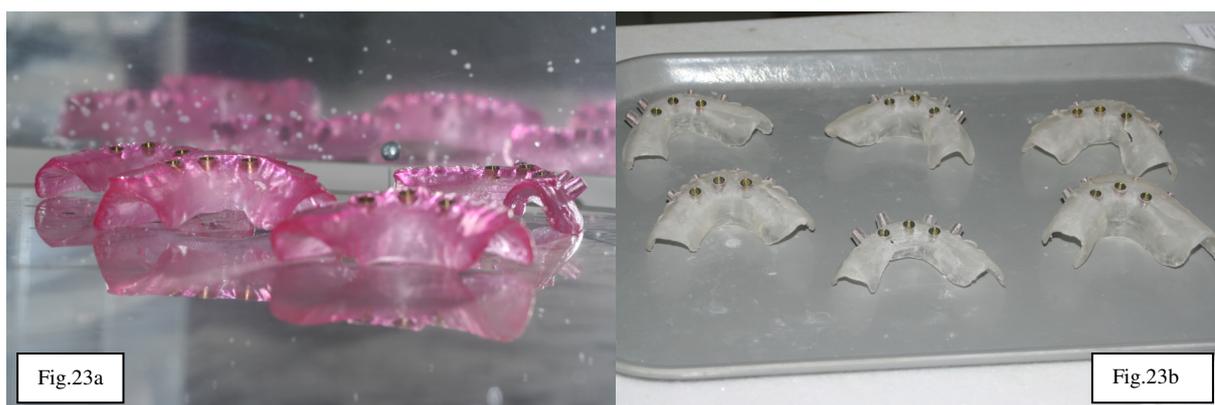
Figura 20a e 20b- Impressora 3D (visualização externa e interna). Fonte: Dados da pesquisa.



Figuras 21a e 21b- Guias sialitográficos recém polimerizados. Fonte: Dados da pesquisa.



Figuras 22a e 22b- Fotopolimerizadora para cura da resina do guia sialitográfico. Fonte: Dados da pesquisa.



Figuras 23a e 23b- Aspecto da resina após a fotopolimerização e logo após. Fonte: Dados da pesquisa.

4.7 Cirurgia dos modelos para instalação dos implantes dentários

Os implantes utilizados nesta pesquisa foram cedidos pela Neodent[®] através do ILAPEO (Instituto Latino Americano de Pesquisa Odontológica). Todos os implantes eram de

formato cilíndrico, conexão tipo cone morse, comprimento de 13mm e diâmetro de 3,75mm. Da mesma forma, o sistema de cirurgia guiada (NeoGuide[®]) foi cedido para confecção do estudo.

O processo de instalação dos implantes dentários seguiu o protocolo da técnica sugerida pela Neodent, que compreende os seguintes passos:

a) Fixação do guia Cirúrgico

A fixação do guia cirúrgico muco-suportado foi realizado através de leve pressão digital sobre o mesmo e transfixação de quatro pinos estabilizadores ou de ancoragem.



Figura 24- Guia cirúrgico recebendo a perfuração para inserção dos pinos de ancoragem. Fonte: Dados da pesquisa.

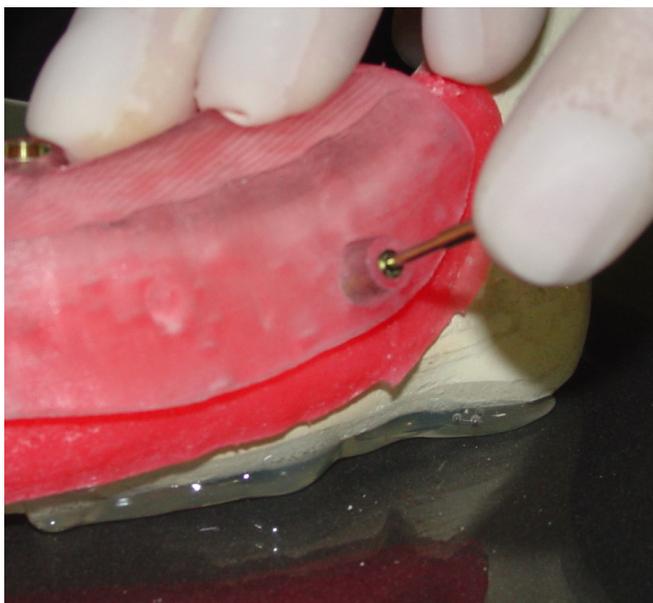


Figura 25- Pino de ancoragem sendo instalado. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 26- Todos os pinos instalados. Fonte: Dados da pesquisa.

b) Seqüência de brocas para perfuração

A primeira broca a ser utilizada é o extrator de mucosa 1 de contra-ângulo que realizará uma incisão circular no rebordo e complementação com auxílio do extrator de mucosa 2 (figuras 27a até 27d).

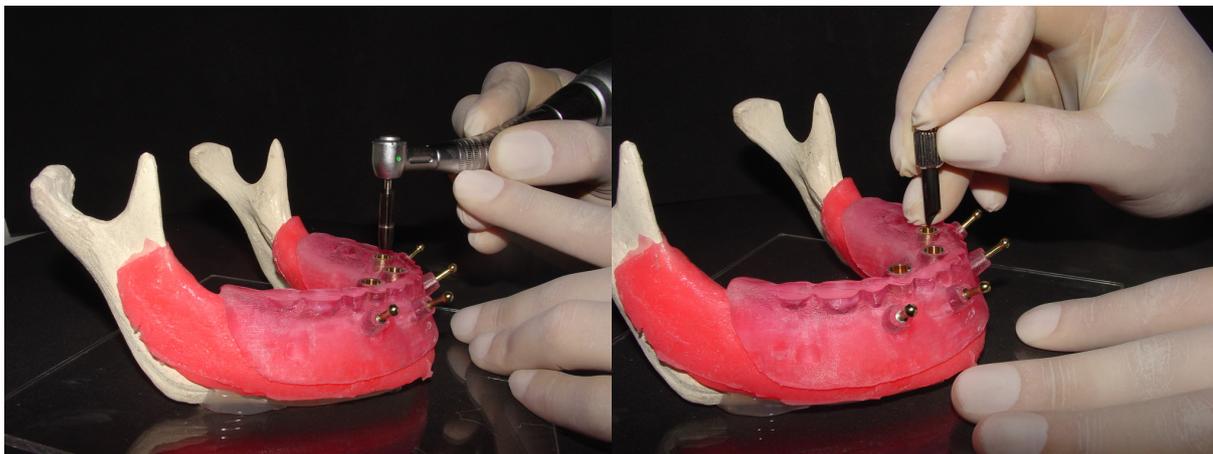


Figura 27a e 27b- Extrator de mucosa 1 e 2, respectivamente. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 27c e 27d- Mucosa extraída. Fonte: Dados da pesquisa.

Em seguida a broca lança foi utilizada para romper a camada cortical, e assim foram utilizadas na seqüência as brocas helicoidais de 2,0mm, 2,8mm, 3,0mm, 3,3mm com seus respectivos guias de broca. Para conseguir uma maior fidelidade na perfuração foram utilizados cursores de brocas no comprimento desejado (13mm).

As perfurações foram realizadas com contra-ângulo 16:1 montado em motor para implantodontia.

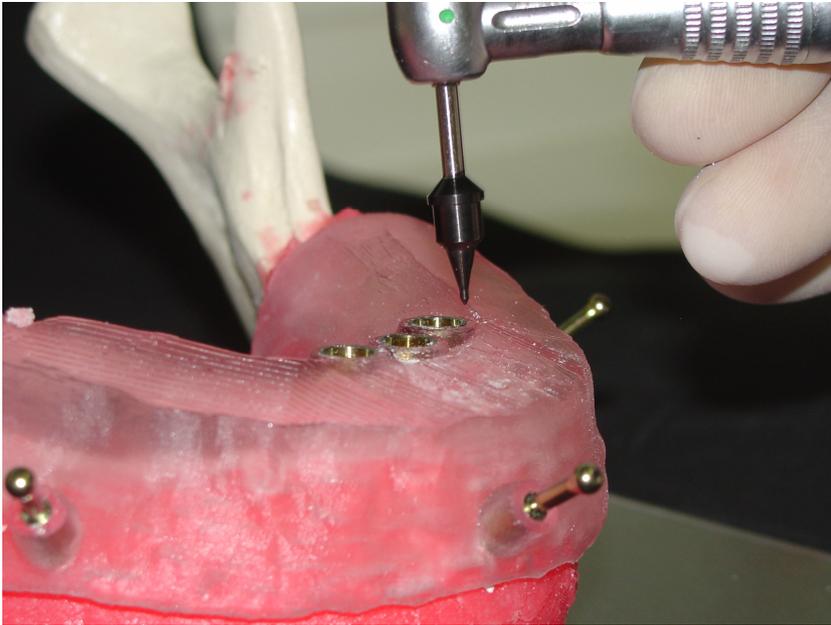


Figura 28- Broca lança. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 29- Cursores de broca instalados nas brocas 2,0, 2,8, 3,0 e 3,3. Fonte: Dados da pesquisa.

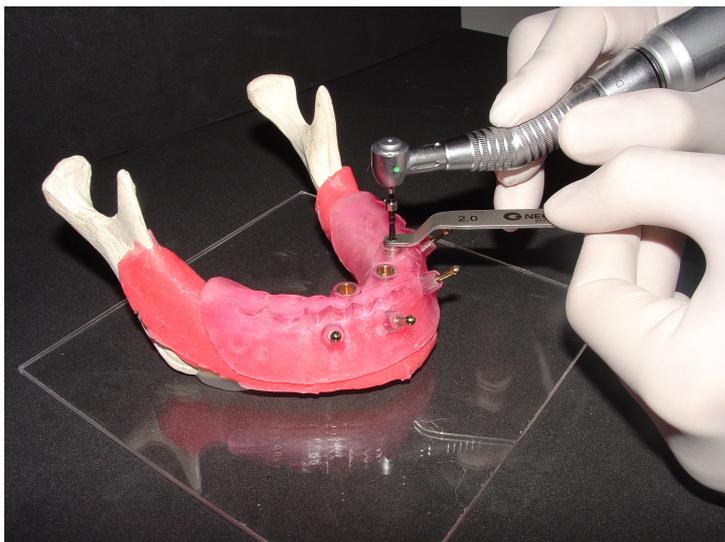


Figura 30- Colocação do guia da broca 2,0 e perfuração com a respectiva broca. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 31- Colocação do guia da broca 2,8 e perfuração com a respectiva broca. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 32- Colocação do guia da broca 3,0 e perfuração com a respectiva broca. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 33- Colocação do guia da broca 3,3 e perfuração com a respectiva broca. Fonte: Dados da pesquisa.

c) Colocação do guia para implante

O guia para implante é uma anilha que limita os movimentos laterais do montador no momento da instalação do respectivo implante (Figura 34).

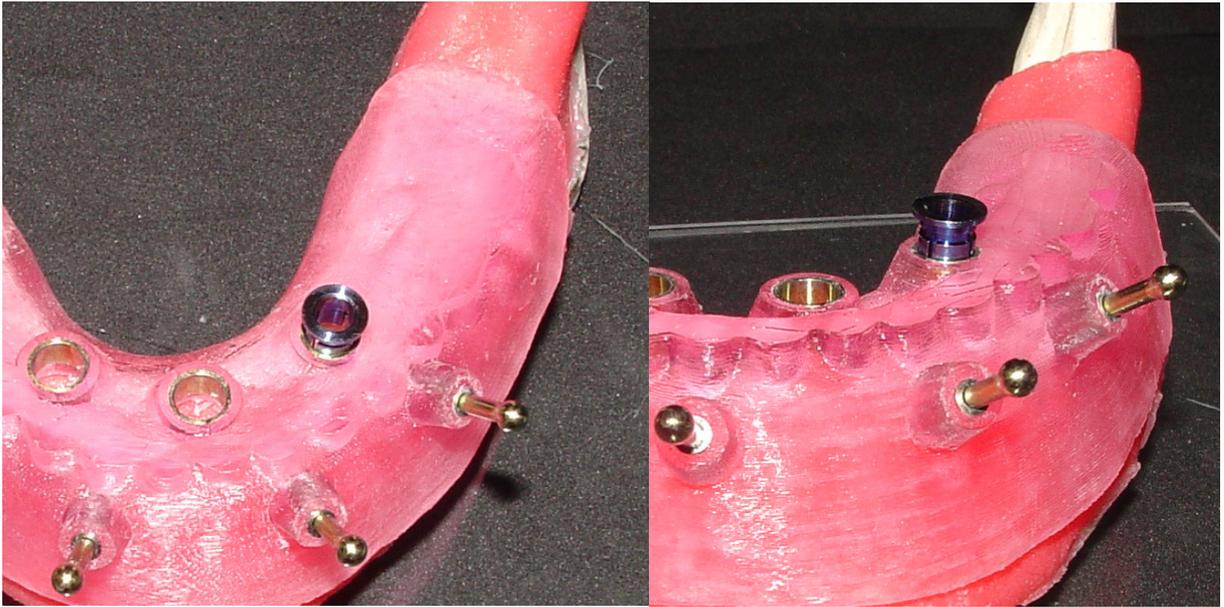


Figura 34a e 34b- Anilha para instalação do respectivo implante. Fonte: Dados da pesquisa.

d) Troca de montador do implante

O sistema NeoGuide[®] possui um montador específico para adaptar à anilha instalada no guia cirúrgico durante o procedimento. Cada implante possui um montador variando de acordo com seu diâmetro, que no caso deste estudo foram utilizados montadores de 3,75mm de diâmetro disponíveis no kit do sistema. A troca foi realizada em local específico.



Figuras 35a e 35b- Em “a” o montador do implante (azul) sendo trocado pelo montador NeoGuide[®] já aparafusado ao implante em “b”. Fonte: Dados da pesquisa.

e) Instalação do implante

O implante foi instalado com auxílio do torque do motor e finalizado com o torque dado pela catraca manual. De acordo com o sistema utilizado, o implante deve ser introduzido no seu leito até o montador entrar em contato com o guia. Isto significa que a altura do guia cirúrgico deve permitir que o implante atinja a profundidade planejada no programa de computação (Figuras 36 e 37).

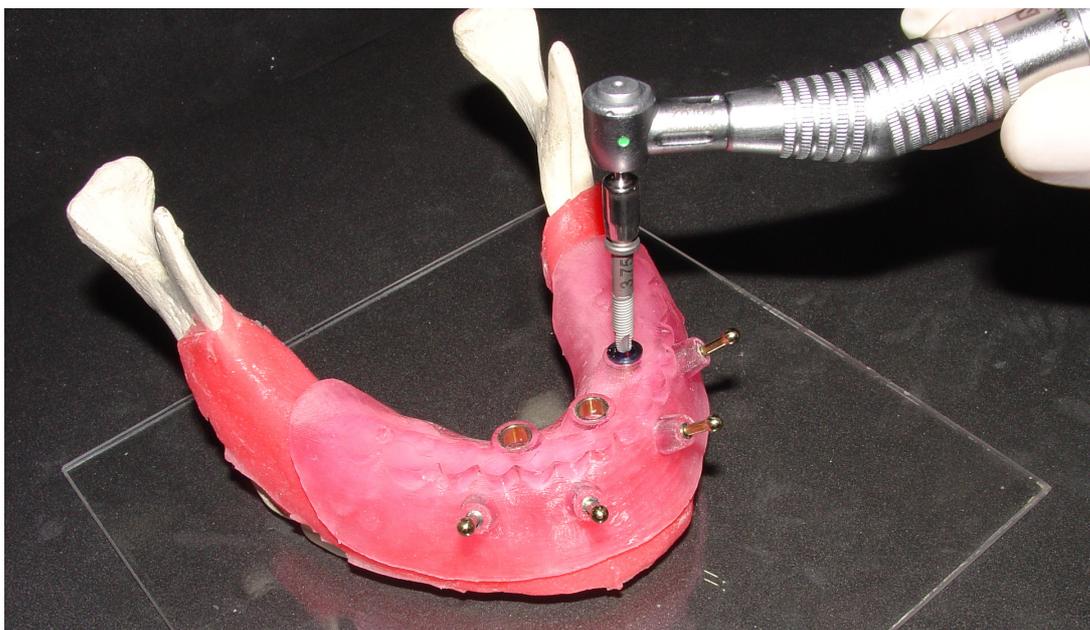


Figura 36- Instalação do implante pré-montado com seu respectivo montador. Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 37- Implantes instalados. Fonte: Dados da pesquisa.

5.0 EXECUÇÃO DAS MENSURAÇÕES

Uma vez que todos os implantes foram instalados e a guia cirúrgica removida, esta mandíbula foi novamente tomografada, seguindo o protocolo de duplo escaneamento, e enviada para Bioparts para realização da sobreposição de imagens. Tomografias computadorizadas pós operatórias foram realizadas, com os mesmos parâmetros de aquisição das imagens e no mesmo aparelho, para aferição do posicionamento dos implantes em relação ao planejamento inicial. Esta sobreposição foi feita através do programa Converter (Bioparts, Brasília, D.F., Brasil) de forma automatizada seguindo a orientação dos pontos de guta-percha inseridos na guia tomográfica, já que a guia tomográfica foi utilizada na aquisição das imagens do modelo com os implantes executados. Foi utilizado ainda um ponto fixo na basilar da mandíbula (anteriormente demonstrado) para avaliação vertical quanto à posição dos implantes antes (no planejamento virtual) e depois (no término da cirurgia), isto é, quanto intruiu o implante.

5.1 Obtenção e análise dos resultados

O planejamento inicial da posição dos implantes foi então sobreposto e alinhado ao planejamento pós-operatório, em um programa de computação denominado pela Bioparts de Converter.

Em seguida um exemplo Didático 3D, de como são extraídos pontos de referência para tal mensuração.

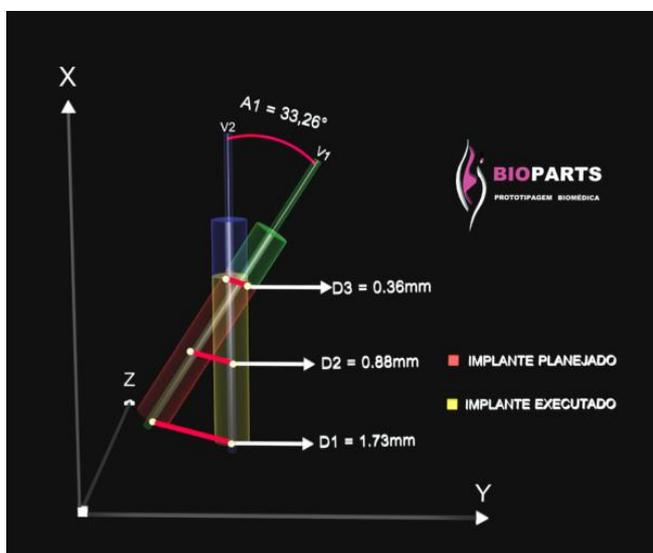


Figura 38- Desenho esquemático da metodologia utilizada para aferição da discrepância entre as posições pré e pós-operatórias dos implantes. Fonte: Bioparts®.

São capturados de cada implante planejado:

- 1 Ponto no centro do limite coronal do Implante: ptPlanejado;
- 1 Ponto no centro do Implante: ptPlanejado;
- 1 Ponto no centro do limite apical do Implante: ptPlanejado;
- 1 Vetor de direção que passa pelo longo eixo do implante: vtPlanejado.

São capturados de cada implante executado:

- 1 Ponto no centro do limite coronal do Implante: ptExecutado;
- 1 Ponto no centro do Implante: ptExecutado;
- 1 Ponto no centro do limite apical do Implante: ptExecutado;
- 1 Vetor de direção que passa pelo longo eixo do implante: vtExecutado.

A distância D1 é calculada sendo a distância linear entre os pontos: ptPlanejado e ptExecutado.

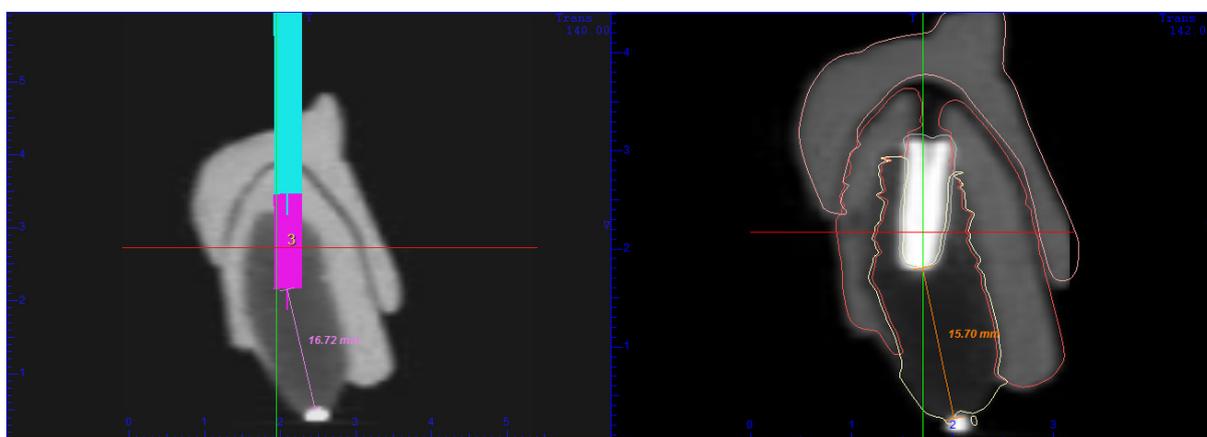
A distância D2 é calculada sendo a distância linear entre os pontos: ptPlanejado e ptExecutado.

A distância D3 é calculada sendo a distância linear entre os pontos: ptPlanejado e ptExecutado.

O ângulo A1 é calculado, sendo o ângulo em graus entre os vetores: vtPlanejado e vtExecutado.

5.2 Avaliação em relação ao ponto fixo

Foi realizada uma marcação na basilar da mandíbula em três pontos, que serviram para a orientação de cada implante planejado. Com a finalização do procedimento cirúrgico, foram obtidas novas imagens tomográficas agora com os implantes reais e não mais com as imagens virtuais. Tendo estes pontos com uma orientação fixa, foram realizadas mensurações da porção apical de cada implante virtual ao seu ponto fixo de referência e as mesmas mensurações da porção apical do implante pós-operatório ao mesmo ponto fixo.



Figuras 39a e 39b- (a) Implante virtual em relação ao ponto fixo e (b) implante real em relação ao ponto mesmo ponto fixo. Fonte: Dados da pesquisa.

Tais mensurações foram realizadas pelo mesmo operador em três momentos distintos. Com isso foi obtido da mesma imagem virtual e real três distâncias que foram analisadas através do erro-padrão (Quadro 1).

Mandíbulas	Implante 1 (virtual)	Implante 2 (virtual)	Implante 3 (virtual)	Implante 1 (real)	Implante 2 (real)	Implante 3 (real)
I	16,6	17,85	16,54	15,62	17,2	15,98
	16,67	17,76	16,48	15,67	17,15	16,01
	16,58	17,76	16,55	15,67	17,22	16,06
II	11,3	11,78	11,94	11,38	12,22	12,17
	11,29	11,79	11,96	11,36	12,25	12,3
	11,26	11,81	11,94	11,35	12,24	12,2
III	10,19	11,98	11,85	9,91	12,78	12,86
	10,21	12,14	11,86	10,16	12,8	12,71
	10,2	11,99	11,86	10,19	12,91	12,92
IV	10,76	12,17	11,11	10,82	11,88	11,24
	10,76	12,18	11,23	10,76	11,91	11,2
	10,85	12,05	11,24	10,83	12,09	11,23
V	10,28	11,47	11,43	11,82	13,53	13,13
	10,39	11,3	11,32	11,83	13,53	13,22
	10,34	11,51	11,3	11,78	13,75	13,17
VI	10,72	11,94	11,29	11,93	13,78	12,4
	10,78	11,93	11,33	11,92	13,74	12,38
	10,72	12,02	11,35	12,05	13,67	12,35

Quadro 1- Mensurações em três momentos da distância apical do implante virtual e real até o ponto fixo na basilar da mandíbula referente a cada implante em mm.

O erro padrão é uma medida da variabilidade da média amostral calculada. Obtém-se dividindo o desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho da amostra. Existe uma relação inversa entre o tamanho da amostra e o erro padrão, ou seja, quando o tamanho da amostra aumenta o erro padrão diminui.

6.0 RESULTADOS

Os resultados obtidos na sobreposição de imagens pré e pós-operatórias desta pesquisa foram analisados por meio de estatística descritiva (média e desvio padrão).

6.1 Avaliação em modelo virtual

A sobreposição dos modelos tridimensionais pré e pós-operatórios em ambiente virtual permitiu a análise de eventuais discrepâncias entre os implantes planejados virtualmente e instalados, conforme metodologia anteriormente descrita.

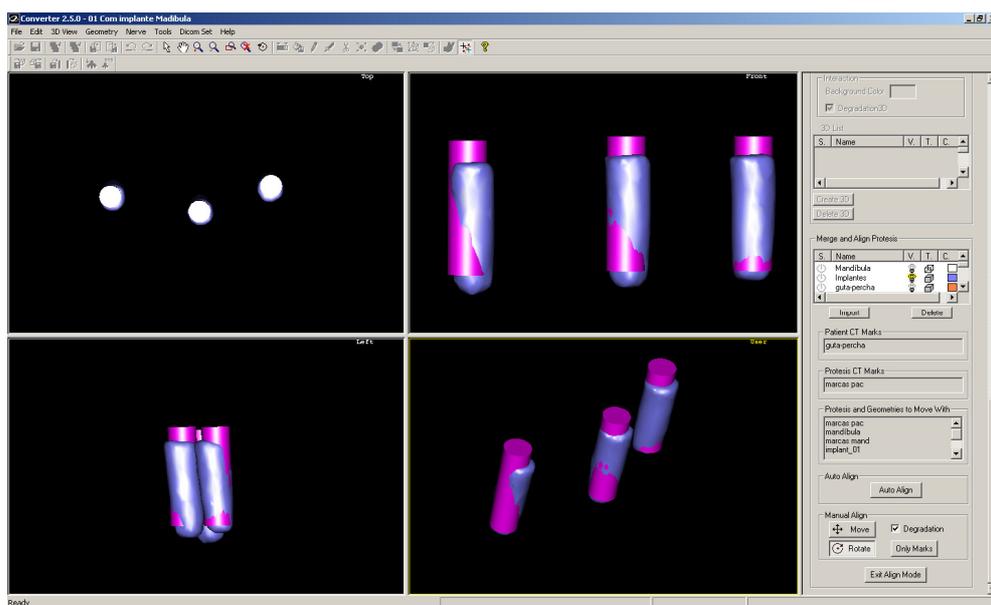


Figura 40- Imagem correspondente a janela do programa de sobreposição demonstrado os implantes planejados virtualmente em rosa e os instalados em azul. Fonte: Dados da pesquisa.

Nos implantes instalados, a distância D1 (apical) apresentou valor médio de $1,39 \pm 0,40$ mm. As distâncias D2 (central) e D3 (coronal) apresentaram, nestes mesmos implantes, os valores médios de $1,36 \pm 0,41$ mm e $1,38 \pm 0,42$ mm, respectivamente. O ângulo formado pelos longo-eixos dos implantes virtuais e reais apresentou valor médio de $2,16^\circ \pm 0,91^\circ$.

Casos	Implantes (n°.)	Distância Coronal (mm)	Distância Central (mm)	Distância Apical (mm)	Ângulo (°)
01 Mandíbula	1	2.25	2.22	2.25	3.2
	2	2.00	1.97	1.99	2.7
	3	1.95	1.90	1.90	2.9
02 Mandíbula	1	1.47	1.20	0.97	3.1
	2	1.08	1.05	1.05	1.3
	3	1.80	1.64	1.48	1.4
03 Mandíbula	1	1.00	1.03	1.12	2.4
	2	1.72	1.66	1.62	1.0
	3	0.76	0.76	0.93	3.4
04 Mandíbula	1	1.67	1.77	1.86	1.3
	2	1.30	1.44	1.59	1.6
	3	1.14	1.17	1.20	0.8
05 Mandíbula	1	1.11	1.11	1.13	1.0
	2	1.12	1.18	1.31	2.6
	3	1.12	1.23	1.42	3.1
06 Mandíbula	1	1.05	0.89	0.81	2.6
	2	1.04	0.96	1.03	3.2
	3	1.30	1.37	1.47	1.4

Quadro 2 - Comparação entre Planejado x Executado.

Obs.: Os valores da distância foram aproximados em 2 casas decimais, e os valores de ângulo foram aproximados em 1 casa decimal.

A tabela 1 indica os valores mínimos e máximos das medidas realizadas em computador.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Dist. Apical (mm)	18	0,81	2,25	1,39	0,41
Dist. Central (mm)	18	0,76	2,22	1,36	0,41
Dist. Coronal (mm)	18	0,76	2,25	1,38	0,42
Ângulo (graus)	18	0,8	3,4	2,16	0,91

Tabela 1- Valores obtidos na avaliação virtual dos implantes instalados em relação aos implantes planejados.

O quadro 3 mostra o resultado do erro padrão das mensurações realizadas no planejamento virtual e nos implantes instalados, demonstrando que o mínimo de erro foi de 0,003mm e o máximo 0,089mm.

Mandíbulas	Implante 1 (virtual)	Implante 2 (virtual)	Implante 3 (virtual)	Implante 1 (real)	Implante 2 (real)	Implante 3 (real)
I	0,027	0,03	0,022	0,017	0,021	0,023
II	0,012	0,009	0,003	0,008	0,008	0,039
III	0,006	0,052	0,003	0,089	0,04	0,062
IV	0,03	0,042	0,042	0,022	0,065	0,012
V	0,032	0,064	0,04	0,015	0,073	0,026
VI	0,02	0,028	0,018	0,041	0,032	0,014

Quadro 3- Resultado do erro-padrão referente a cada implante em mm.

Com os valores obtidos em relação ao ponto fixo observamos que 66,7% dos implantes ficaram além da posição planejada em média de $0,38 \pm 0,03$ mm, isto é, em uma posição mais apical. Consequentemente, a outra porcentagem (33,3%) apresentou-se aquém da posição planejada $0,39 \pm 0,03$ mm (tabela 2).

Variável	n	Mínimo	Máximo	Erro padrão	Média
Implantes aquém (mm)	6	0,04	0,97	0,03	0,39
Implantes além (mm)	12	0,03	0,71	0,03	0,38

Tabela 2- Valores referentes as mensurações entre o ponto fixo e o ponto mais apical dos implantes no planejamento virtual e real.

Portanto, sendo observada a total discordância entre os resultados obtidos nos implantes virtualmente planejados e realmente executados.

7.0 DISCUSSÃO:

No planejamento do tratamento com implantes é fundamental a avaliação das estruturas nobres, a avaliação do capital ósseo remanescente e o seu posicionamento tridimensional em relação à futura reabilitação protética (FORTIN et al., 2002). Para maximizar os resultados, o uso de procedimentos radiográficos avançados como a tomografia computadorizada, junto com a fabricação de guias cirúrgicas prototipadas, e mais recentemente, o software de simulação, foram introduzidos para visualizar imagens radiográficas e testar locais potenciais para implante. (WIDMANN et al., 2007).

O diagnóstico por imagem nas ciências biomédicas tem apresentado grande avanço nas últimas décadas. Estudos com a utilização de aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico ou cone-beam (TCCB) têm sido cada vez mais destacados na literatura (HASHIMOTO et al., 2006; SCARFE et al., 2006; HASHIMOTO et al., 2007; GARIB et al., 2007; LOUBELE et al., 2007; SUOMALAINEN et al., 2008). Os resultados de pesquisas que avaliaram a capacidade de reprodução das estruturas anatômicas maxilofaciais em aparelhos deste tipo, em comparação aos observados em tomografias computadorizadas de feixe em leque ou fan-beam (TCFB), demonstraram a possibilidade de visualização adequada dos tecidos dentário e ósseo nas imagens obtidas por TCCB (HASHIMOTO et al., 2006; HASHIMOTO et al., 2007; LOUBELE et al., 2007; SUOMALAINEN et al., 2008). Diante da qualidade da imagem observada, fundamental para o planejamento em implantodontia, e do crescente interesse dos profissionais de odontologia neste tipo de TC, a tomografia de escolha nesta pesquisa foi a de feixe cônico. Trabalhos recentes sobre cirurgia guiada para a colocação de implantes dentários, igualmente, optaram pela utilização da TCCB (ALMOG et al., 2006; NICKENIG & EITNER, 2007; VAN ASSCHE et al., 2007).

Com intuito de avaliar a fidelidade dimensional de um programa destinado a cirurgia guiada, foi utilizado, nesta pesquisa, mandíbulas de poliuretano rígido, o tomógrafo computadorizado cone beam i-Cat e o programa de navegação NeoGuide[®] (que aparentemente utiliza as mesmas plataformas de programas mundialmente reconhecidos).

Existem atualmente muitos sistemas que se propõem a fazer o planejamento virtual da cirurgia de implantes a partir da tomografia computadorizada, se encontram no mercado, contudo a literatura disponível sobre eles é restrita.

O uso do software em conjunto com o modelo ou guia estereolitográfico simplificou a confecção da prótese definitiva possibilitando a entrega imediatamente ou em até 24 horas

após a instalação dos implantes (TARDIEU et al, 2003 e ROSENFELD et al., 2006). Porém o custo deste protocolo em relação a técnica convencional inibe o uso por parte dos cirurgiões (WIDMANN & BALE, 2006).

O software utilizado neste trabalho nos mostrou ser uma ótima ferramenta de planejamento, possibilitando visualizar a relação espacial dos implantes em relação à futura reabilitação protética. Simplificando realmente dados que anteriormente não teríamos acesso como a profundidade do transmucoso, isto é, o tamanho da cinta do pilar protético.

O presente trabalho baseou-se no protocolo de cirurgia com guias muco-suportados. Este tipo de guia apresenta razoável estabilidade de posição, necessitando de acesso cirúrgico para ser fixado no rebordo alveolar (VAN STEENBERGHE et al., 2002; DI GIACOMO et al., 2005; GARG, 2006; LAL et al., 2006).

A confecção dos guias muco-suportados é realizada sobre as imagens geradas pelo duplo escaneamento tridimensional, obtido a partir de imagens tomográficas. A maior influência dos tecidos moles na cirurgia guiada está relacionada à estabilidade do guia prototipado muco-suportado e não na sua confecção. Nestes casos, aquisições tomográficas do paciente com o guia de resina acrílica em posição e somente do guia são obrigatórias. A sobreposição das imagens dos guias, tendo pontos radiopacos como referência, possibilita a confecção de um guia prototipado adaptado à mucosa do paciente (PAREL & TRIPLETT, 2004; BALSHI et al., 2006b; GARG, 2006; MARCHACK, 2007; SANNA et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007).

A resiliência da mucosa certamente influencia a transferência do planejamento virtual da posição dos implantes para o campo operatório. (GARG, 2006; LAL et al., 2006; VAN STEENBERGHE et al., 2002; VAN ASSCHE et al., 2007).

Após o estudo piloto constatou-se apropriado o assentamento e estabilidade do guia muco-suportado confeccionado pelo método de estereolitografia através de leve pressão, devido a ótimo selamento periférico do mesmo copiando a guia radiográfica. As conclusões desta avaliação inicial possibilitaram a aplicação *in vitro* da técnica. Apesar disso, os resultados da presente pesquisa demonstraram que o uso de guias muco-suportadas como as utilizadas nas réplicas de mandíbula deste trabalho, apresentam alguma dificuldade para a estabilização precisa do guia, provavelmente devido a resiliência da mucosa. A falta de um posicionamento único dos guias prototipados pode ter contribuído para as variações observadas nas medidas lineares e angulares.

Estudos que estabeleceram comparações entre as posições pré e pós-operatórias de implantes dentários, instalados com auxílio de guias muco-suportados, foram pouco descritos na literatura.

No trabalho de Hoffman et al (2005), mandíbulas edêntulas de poliuretano foram utilizadas com um material à base de silicone para substituir artificialmente o tecido gengival. Estas foram submetidas a exames tomográficos e planejamentos cirúrgicos através de um sistema de navegação. O estudo teve como objetivo comparar a fidelidade da cirurgia guiada baseada em tomografia computadorizada e o método convencional, utilizando dois cirurgiões com diferentes anos de experiência clínica. Como resultado, foi observada em média desvios vestibulo-lingual e méso-distal de $11,2 \pm 5,6^\circ$ na técnica convencional, e na técnica de cirurgia guiada a média de $4,2 \pm 1,8^\circ$. Sendo a diferença entre os dois métodos estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Corroborando com este trabalho, Sarment et al. (2003b) e Chiu et al (2006), acharam uma média de desvio de angulação de 4° .

No estudo piloto de Van Steenberghe et al. (2002), realizado em maxilas edêntulas de dois cadáveres, os resultados observados para as distâncias coronais e apicais entre os implantes planejados e obtidos foram de $0,8 \pm 0,3$ mm e $0,9 \pm 0,3$ mm, respectivamente. O ângulo formado pelos longo-eixos dos implantes apresentou variação média de $1,8 \pm 1,0$ graus.

O estudo comparativo de Sarment et al. (2003b) constatou uma distância média entre a posição planejada e as osteotomias de 1,5 mm na porção mais superior e de 2,1 mm no ápice, quando guias convencionais foram utilizados. As mesmas medidas foram significativamente reduzidas para 0,9 e 1,0 mm com a utilização de guias prototipados ($p < 0,01$). Em média, as variações observadas, quanto à angulação das fixações, foram de $8 \pm 4,5$ graus e $4,5 \pm 2$ graus nas osteotomias realizadas com guia cirúrgico convencional e de estereolitografia, respectivamente ($p < 0,01$).

Van Assche et al. (2007), em estudo com mandíbulas humanas realizaram todas as etapas da cirurgia guiada em implantodontia até a instalação dos implantes. A avaliação em modelo virtual indicou, em média, uma variação na angulação de 2 graus (0,7 - 4 graus), quando comparados ao planejamento, e uma variação linear de 1 mm (0,3 - 2,3 mm) na região mais superficial e de 2 mm (0,7 - 2,4 mm) no ápice dos implantes.

Di Giacomo et al. (2005) realizaram a mesma avaliação em modelo virtual a partir de tomografias pré e pós-operatórias de quatro pacientes que receberam um total de 21 implantes dentários por meio da técnica de cirurgia guiada. Os resultados obtidos indicaram uma média de variação entre os longo-eixos dos implantes de $7,25 \pm 2,6$ graus. A análise das distâncias

coronais e apicais entre os implantes planejados e executados apresentou variação de 1,45 e 2,99 mm, respectivamente.

A presente pesquisa agregou à avaliação virtual, o dado da medida central do implante permitindo uma melhor análise de sua variação em relação ao planejamento pré-operatório. As distâncias das regiões coronais, centrais e apicais dos 18 implantes avaliados neste estudo apresentaram valores médios inferiores a 2,25 mm. Quanto à angulação, os implantes instalados apresentaram variações de $2,16 \pm 0,92$ graus.

Por meio da utilização de diferentes metodologias, alguns autores avaliaram a capacidade de transferência do planejamento virtual para a cirurgia de colocação de implantes dentários com guias prototipados (VAN STEENBERGHE et al., 2002; SARMENT et al., 2003b; DI GIACOMO et al., 2005; VAN ASSCHE et al., 2007; NICKENIG & EITNER, 2007; WOITCHUNAS, 2008).

Nesta pesquisa, a transferência do planejamento virtual para o campo operatório foi avaliada pela sobreposição dos modelos CAD tridimensionais pré e pós-operatórios, assim como nos trabalhos de Van Steenberghe et al. (2002), Sarment et al. (2003b), Di Giacomo et al. (2005), Van Assche et al. (2007) e Woitchunas (2008). A análise em modelo virtual utilizada neste estudo para realizar as mensurações verticais, comparando a posição do planejamento virtual e real, não foi descrita na literatura até o momento.

As pequenas variações observadas no posicionamento dos implantes não causaram fenestrações nas réplicas avaliadas. Todavia, o preparo rotatório do leito dos implantes ocasionou sobreinstrumentações em 12 (66,7%) dos 18 procedimentos realizados. Convém que os sistemas de cirurgia guiada incluam limitadores para as brocas com regulagem do comprimento desejado, minimizando estes eventos que podem ocasionar lesões a estruturas anatômicas nobres, como o feixe vâsculo-nervoso alveolar inferior e, quando em segmento superior, o seio maxilar.

Os resultados mais satisfatórios desta pesquisa, em comparação aos demais estudos publicados, podem ser explicados pela determinação de uma metodologia de seleção de amostra, padronização e análise, na qual a repetição do mesmo processo, pelo mesmo operador, foi fundamental para assegurar a validade dos resultados obtidos.

Evidentemente que as variações mais acentuadas entre o posicionamento planejado e obtido dos implantes, observados em estudos clínicos e/ou com a utilização de guias mucosuportados, como de Di Giacomo et al. (2005), Nickenig & Eitner (2007) e Van Assche et al. (2007), justificam-se, principalmente, devido aos fatores inerentes a procedimentos realizados em pacientes e em cirurgias sem retalho. O controle do ato operatório é muito mais simples

quando realizado sobre mandíbulas secas ou de resina epóxica e com guias cirúrgicos estáveis. Os resultados desta pesquisa indicaram ainda uma tendência observada nas pesquisas de Van Steenberghe et al. (2002), Sarmant et al. (2003), Di Giacomo et al. (2005) e Van Assche et al. (2007). Em todos estes trabalhos, a distância entre os implantes aumentou no sentido apical. Esta tendência de crescimento foi diminuta neste trabalho (em média 0,2 mm) pelo fato da variação entre o ângulo formado pelos longo-eixos dos implantes ter sido igualmente pequena.

O aumento da variação no sentido apical deve ser melhor observado em cirurgias para colocação de implantes longos, onde a margem de segurança para evitar lesões a estruturas anatômicas nobres deve ser maior. A distância mínima observada entre os três pontos analisados sobre as imagens dos implantes foi de 0,76mm e a máxima, de 2,25mm. Isto significa que nos 18 implantes instalados, a maior variação foi inferior a 2,50mm. Ainda assim, todos os implantes apresentaram desvios no sentido vertical, impossibilitando a reabilitação imediata se fosse o planejado. Estes resultados indicam a incapacidade de transferência do planejamento virtual para o procedimento de colocação de implantes pela técnica de cirurgia guiada. A importância clínica destes dados está no fato da impossibilidade da utilização de guias prototipados muco-suportados em casos de difícil solução em implantodontia, devido à limitada quantidade óssea disponível. A escolha deste tipo de guia e o sistema de cirurgia guiada, utilizados nesta pesquisa, foram importantes para a obtenção dos resultados deste estudo.

Jacobs et al. (1999) em estudo realizado em 100 pacientes, parcial ou totalmente edêntulos, submetidos a cirurgia para colocação de implantes dentários pelo método convencional, após planejamento com a utilização de tomografias computadorizadas, observaram que: Em algumas situações, a colocação do implante conforme o planejado era impossível, sobretudo por achados trans-operatórios não identificados ou subestimados nos exames de imagem. Isto significa que as variações observadas nas imagens tomográficas e no processo de prototipagem rápida, ainda que pequenas, não permitem que cirurgias sem retalho sejam realizadas, com segurança, em situações de limitada quantidade óssea.

Di Giacomo et al. (2005) utilizaram guias cirúrgicos ósseo e dento-suportados e obtiveram significativas variações entre a posição planejada e executada dos implantes instalados. Estas discrepâncias ocorreram, não somente por se tratar de um estudo em pacientes, mas também pela utilização de um sistema de cirurgia guiada que necessitava sucessivas trocas dos guias de acordo com o diâmetro da broca de preparo, assim como descrito nos relatos de Sarmant et al. (2003a) e Lal et al. (2006). Nestes casos, dificilmente o

guia subsequente será posicionado no mesmo local do anterior. Os autores também não utilizaram pinos estabilizadores para os guias prototipados, favorecendo micro-movimentações durante a instrumentação.

O uso de guia de broca e de guia cirúrgico único, fixado e mantido em posição até o final do procedimento, possibilitou menor variação na transferência do planejamento pré-operatório para a cirurgia de colocação de implantes dentários na presente pesquisa. Além destas características, o sistema de cirurgia guiada utilizado neste estudo disponibiliza um guia-implante, que permite que a fixação seja instalada com maior precisão. Este guia-implante foi, igualmente, utilizado por Parel & Triplett (2004), Marchack (2007), Nickenig e Eitner (2007) e Van Assche et al. (2007).

Segundo Bedrossian (2007) e Papaspyridakos & Lal (2008) usando este protocolo, a fabricação da prótese provisória para carregamento imediato com o programa NobelGuide® é possível, mas pequenos ajustes seriam necessários para o perfeito assentamento e para adequada oclusão. Sendo aconselhável a captura da prótese pós cirurgia e a não restauração definitiva.

De acordo com Balshi et al (2008) o surgimento do “Guided Abutment”® (Nobel Biocare, AB, Gotenburgo, Suécia) representa uma evolução para implantodontia e é primordial para o sistema permitir a fabricação prévia da prótese, sendo capaz de corrigir pequenas discrepâncias e dar reversibilidade a prótese.

Estudos como este justificam a relevância de pesquisas que buscam o aprimoramento de métodos cada vez mais precisos, seguros e que proporcionam benefícios aos pacientes e aos profissionais da Odontologia, como a técnica de cirurgia guiada. A margem de segurança do método, considerando a variação na posição dos implantes e a superestimação ou subestimação de medidas em procedimentos simulados em modelos, deve ser melhor avaliada em estudos clínicos.

8.0 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados desta pesquisa, as variações observadas na transferência para o campo operatório do posicionamento de implantes dentários, determinado durante o planejamento virtual e obtido em cirurgia simulada sobre protótipo, indicam a possibilidade de intercorrências em cirurgias limítrofes. Demonstrando a incapacidade de transferir fielmente o planejamento virtual para a instalação de implantes dentários com variações tanto no sentido horizontal quanto no vertical.

9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar MF, Marques AP, Carvalho ACP, Cavalcanti MGP.. Accuracy of magnetic resonance imaging compared with computed tomography for implant planning, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.362-365.

Almog DM, Benson BW, Wolfgang L, Frederiksen NL, Brooks SL. Computerized tomography-based imaging and surgical guidance in oral implantology. **The Journal of Oral Implantology**, 2006, v.32, n.1, p.14-18.

Avila G, Galindo P, Hector R, Wang HL. Immediate implant loading: current status from available literature, **Implant Dentistry**, 2007, v.16, n.3, p.235-245.

Azari A, Nikzad S, Kabiri A.. Using computer-guided implantology in *flapless* implant surgery of maxilla: a clinical report. **Journal of Oral Rehabilitation**, 2008, p.1-5.

Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region. **Int. J. Periodontics Restorative Dent.**, 2006a, v.26, n.6, p.312-325.

Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computed tomography, CAD/CAM technology, and the internet for immediate loading of dental implants. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 2006b, v.18, n.6, p.318-325.

Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Guided implant placement and immediate prosthesis delivery using traditional Brånemark system abutments: A pilot study of 23 patients. **Implant Dent**, 2008, v.18, p.128-135.

Becker W, Sennerby L, Mohammed Q, Hujoel P, Goldstein M, Turkyilmaz I. Histologic evaluation of implants following *flapless* and flapped surgery: a study in canines, **J Periodontol**, 2006, v.77, n.10, p.1717-1722.

Bedrossian E. Laboratory and prosthetic considerations in computer-guide surgery and immediate loading. **J Oral Maxillofac Surg**, 2007, suppl 1, v.65, p.47-52.

Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Brugnera Junior A, Azevedo JR. Tomografia computadorizada cone beam: revolução na odontologia, **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, 2007, v.61, n. 4, p.325-328.

Carvalho EM, Chilvarquer I, Bastos Neto FVR. *Flapless* precision – nova abordagem, nova tendência, **Rev. ImplantNews**, 2008, v.5, n.1, p.91-95.

Carvalho RS, Franciscone Junior CE, Kobayashi FM, Scarafissi PFS, Costa APRM, Franciscone CE. Novo implante P-I Brånemark philosophy™ e cirurgia guiada por computador: inovações tecnológicas inaugurando uma nova era na implantologia, **Rev. Dental Press Periodontia Implantol.**, Maringá, jul./ago. 2007, v.1, n.3, p.74-86.

Chang PSH, Parker TH, Patrick CW, Miller MJ.. The accuracy of stereolithography in planning craniofacial bone replacement, **The Journal of Craniofacial Surgery**, march 2003, v.14, n.2, p. 164-170.

Chilvarquer I, Chilvarquer LW, Hayek JE, Pinto AVS. A estereolitografia na implantodontia avançada: conceitos, indicações e usos, **Rev. ImplantNews**, jan./fev. 2004, v.1, n.1, p. 69-72.

Chiu WK, Luk WK, Cheung LK. Three-dimensional accuracy of implant placement in a computer-assisted navigation system. **International Journal Oral Maxillofacial Implants**, 2006, v.21, p.465-470.

Choi JY, Choi JH, Kim NK, Kim Y, Lee JK, Kim MK, Lee JH, Kim MJ. Analysis of errors in medical rapid prototyping models. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, feb. 2002, v.31, n.1, p.23-32.

Chow J, Hui E, Lee PKM, Li W. Zygomatic implants – protocol for immediate occlusal loading: A preliminary report. **J Oral Maxillofac Surg**, 2006, v.64, p.804-811.

Curcio R, Perin L, Chivalquer I, Borri ML, Ajzen S. Use of models in surgical prectability of oral rehabilitations, **Acta Cirúrgica Brasileira**, 2007, v.22, n.5, p.387-395.

Degidi M, Piattelli A. Immediated functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 6- month follow-up study of 646 titanium implants. **J Periodontol**, feb. 2003, v.74, n.2, p.225-241.

Di Giacomo GAP, Cury PR, Araújo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. **Journal of Periodontology**, apr. 2005, v.76, n.4, p.503-507.

Donati M, Scala VL, Billi M, Dino BD, Torrisi P, Berglundh T. Immediate functional loading of implants in single tooth replacement: a prospective clinical multicenter study, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.740-748.

Erben C. et al. The Phidias validation study of reported benefits from use of stereolithographic models. **Phidias Newsletter**, Mar. 2002, [S.I.] n.8, p.15-16.

Erickson DM, Chance D, Schmitt S, Mathts J. An opinion survey of reported benefits from the use of stereolithographic models. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, Sep. 1999, v.57, n.9, p.1040-1043.

Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. An in vitro study. **Clinical Oral Implant Research**, 2002, v.13, p.651-656.

Fortin T, Luc Bosson J, Isidori M, Blanchet E. Effect of *flapless* surgery on pain experienced in implant placement using an image-Guided System. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2006, v.21, p.298-304.

Freitas AC, Mendonça RG, Wendell S, Duarte LR. Prototipagem aplicada ao planejamento reverso das fixações zigomáticas, **Rev. ImplantNews**, abr. 2005, v.2, n.2, p.153-159.

Ganz SD. Use of stereolithographic models and restorative aids for predictable immediate loading of implants. **Practical Procedures & Aesthetic Dentistry**, Mahwah, nov-dec. 2003, v.15, n.10, p.763-771.

Ganz SD. Conventional CT and cone beam CT for improved dental diagnostics and implant planning. **Dental Implantology Update**, Atlanta, dec. 2005, v.16, p.89-95.

Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. Critical review of immediate implant loading, **Clin. Oral Impl. Res.** , 2003, v.14, p.515-527.

Garcia CC, López AB, Diago MP. Immediately restored dental implants for partial-arch applications. A literature update, **Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal**, jul 2008, v.13, n.7, p.E451-455.

Garg AK. Surgical templates in implant dentistry. **Dental Implantology Update**, jun. 2006, v.17, n.6, p.41-44.

Garib DG, Raymundo Júnior R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, mar-apr. 2007, v.12, n.2, p.139-156.

Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF, Rosen A, Hultgren B, Vadnais T. The precision of computer-generated surgical splints. **Journal of Oral Maxillofacial Surgery**, Philadelphia, jul. 2003, v.61, n.7, p.814-817.

Glauser R, Zembic A, Hämmerle CHF. A systematic review of marginal soft tissue at implants subjected to immediate loading or immediate restoration, **Clin. Oral Imp. Res.**, 2006, v.17, (suppl. 2), p.82-92.

Gomide RB. Fabricação de componentes injetados em insertos produzidos por estereolitografia. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

Grellmann DA. Utilização das tecnologias de estereolitografia e microfusão para aplicações em prototipagem rápida e ferramental rápido. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Santa Catarina.

Güncü MB, Aslan Y, Tümer C, Güncü GN, Uysal S. In-patient comparison of immediate and conventional loaded implants in mandibular molar sites within 12 months, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.335-341.

Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, VAN STEENBERGHE D. State-of-the-art on cone beam ct imaging for preoperative planning of implant placement, **Clin. Oral Invest.**, 2006, v. 10, p.1-7.

Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K and Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. **Journal of Oral Science**, Tokyo, mar. 2006, v.48, n.1, p.27-34.

Hashimoto K, Kawashima S, Komeoka S, Akiyama Y, Honjaya T, Ejima K and Sawada K. Comparison of image validity between cone-beam computed tomography for dental use and multidetector row helical computed tomography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Houndsmills, dec. 2007, v.36, n.8, p.465-471.

Heiland M, Pohlens P, Blessman H, Werle M, Fraederich R, Schmelzle F, Blake AS. Navigated implantation after microsurgical bone transfer using intraoperatively acquired

cone-beam computed tomography data sets, **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, 2008, v.37, p.70-75.

Hoffmann J, Westendorff C, Gomez-Roman G, Reinert S. Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model, **Clin Oral Impl Res**, 2005, v.16, p.609-614.

Horwitz J, Zuabi O, Machtei E. Radiographic changes around immediately restored dental implants in periodontally susceptible patients: 1-year results, **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2008, v.23, p.531-538.

Jacobs R, Adriansens A, Naert I, Quirynen M, Hermans R and Van Steenberghe D. Predictability of reformatted computed tomography for pre-operative planning of endosseous implants. **Dentomaxillofacial Radiology**, jan. 1999, v.28, n.1, p.37-41.

Jabero M & Sarment D. Advanced surgical guidance technology: a review, **Implant Dentistry**, 2006, v.15, n.2, p.135-142.

Kobayashi K, Shimoda S, Nagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2004, v.19, p.228-231.

Komiayama A, Klinge B, Hultin M. Treatment outcome of immediately implants installed in edentulous jaws following computer-assisted virtual treatment planning and *flapless* surgery, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.677-685.

Kupeyan HK, Shaffner M, Armstrong J. Definitive CAD/CAM-guided prosthesis for immediate loading of bone-grafted maxilla: a case reporte. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, 2006, v.8, n.3, p.161-167.

Lagravère MO, Carey J, Toogood RW, Major PW.. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images, **J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, 2008, v.134, p.112-116.

Lal K, White GS, Morea DN, Wright RF. Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part I. The concept. **Journal of Prosthodontics**, jan-feb. 2006, v.15, n.1, p.51-58.

Leziy SS & Miller BA. Guided implant surgery and the use of osteotomes for rehabilitation of maxilla. **Practical Procedures & Aesthetic Dentistry**, 2006, v.18, n.5, p.293-296.

Lorenzoni M, Pertl C, Zhang K, Wimmer G, Wegscheider WA.. Immediate loading of single-tooth implants in the anterior maxilla. Preliminary results after one year, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2003, v.14, p.180-187.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, Van STEENBERGHE D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam ct, spiral tomography, and multi-slice spiral ct, **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2007, v.22, n.3, p.446-454.

Malo P, Nobre MA, Lopes A. The use of computer-guided *flapless* implant surgery and four implants placed in immediate function to support a fixed denture: preliminary results after a mean follow-up period of thirteen months, **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 2007, v.97, p.S26-S34.

Marchack CB. An immediately loaded CAD/CAM-guided definitive prosthesis: a clinical report, **J. Prosthet. Dent.**, 2005, v.93, p.8-12.

Marchack CB. CAD/CAM-guided implant surgery and fabrication of an immediately loaded prosthesis for a partially edentulous patient, **J. Prosthet. Dent.**, 2007, v.97, p.389-394.

Meurer MI, Meurer E, Silva JVL, Bárbara AS, Nobre LF, Oliveira MG, Silva DN. Aquisição e manipulação de imagens por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos. **Radiologia Brasileira**, Jan-Fev. 2008, v.41, n.1, p.49-54.

Nagy P. Open source in imaging informatics. **Journal of Digital Imaging**, Nov. 2007, v.20, n.1, p.1-10.

Nary Filho H, Padovam LEM, Albuquerque GC, Nary P, Rigolizzo M, Thomé G. Uso da prototipagem para o planejamento de reabilitações maxilares em carga imediata: relato de caso, **Rev. ImplantNews**, nov-dez. 2006, v.3, n.6, p.593-598.

Nascimento Silva D. Análise do erro dimensional dos biomodelos de sinterização seletiva à laser (SLS) e de impressão tridimensional (3DP[®]), a partir de imagens de tomografia computadorizada, na reprodução da anatomia crâniomaxilar: estudo in vitro. Porto Alegre, 2004. Tese (Doutorado em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Nickenig HJ & Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data surgical (guide) templates. **Journal of Craniomaxillofacial Surgery**, jun-jul. 2007, v.35, n.4, p.207-211.

Nigro F, Chilvarquer I, Ximenez MEL. Um novo método para avaliação da espessura gengival por meio de tomografia de tomografia computadorizada helicoidal, **Rev. ImplantNews**, ago. 2006, v.3, n.4, p.385-391.

Nikzad S & Azari A. A novel stereolithographic surgical guide template for planning treatment involving a mandibular dental implant, **J. Oral Maxillofac. Surg.**, 2008, v.66, p.1446-1454.

Nkenke E & Fenner M. Indications for immediate loading of implants and implant success, **Clin. Oral Imp. Res.**, 2006, v.17 (Suppl. 2), p.19-34.

Östman PO, Hellman M, Sennerby L. Immediate occlusal loading of implants in the partially edentate mandible: a prospective 1-year radiographic and 4-year clinical study, **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2008, v.33, p.315-322.

Ozan O, Turkyilmaz I, Yilmaz B.. A preliminary report of patients treated with early loaded implants using computerized tomography-guided surgical stents: *flapless* versus conventional flapped surgery, **Journal of Oral Rehabilitation**, 2007, v.34, p.835-840.

Papaspyridakos P & Lal K. Complete arch implant rehabilitation using subtractive rapid prototyping and porcelain fused to zirconia prosthesis: A clinical report. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, sep. 2008, v.100, issue 3, p.165-172.

Parel SM & Triplett RG. Interactive imaging for implant planning, placement and prosthesis construction. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, sep. 2004, v.62, n.9 suppl 2, p.41-47.

Peker I, Alkurt MT, Mihcioglu T. The use of 3 different imaging methods for the localization of the mandibular canal in dental implant planning, **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2008, v.33, p.463-470.

Rao W & Benzi R. Single mandibular first molar implants with *flapless* guided surgery and immediate function: preliminary clinical and radiographic results of a prospective study, **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 2007, v.97, issue 6, p.S3-S14.

Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 1: diagnostics, imaging, and collaborative accountability. **The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry**, jun. 2006, v.6, n.3, p.215-221.

Ruppin J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.709-716.

Sammartino G, Valle AD, Marenzi G, Gerbino S, Martorelli M, Lauro AE, Lauro F. Stereolithography in oral implantology a comparison of surgical guides, **Implant Dentistry**, 2004, v.13, n.2, p.133-139.

Sanna AM, Molly L, VAN STEEMBERGHE D. Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using *flapless* implant placement procedures: a cohort study of consecutive patients, **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 2007, v.97, issue 6, p.331-339.

Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. **Int. Journal Periodontics Restorative Dent.**, jun. 2003a, v.23, n.3, p.287-295.

Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, jul-aug. 2003b, v.18, n.4, p.571-577.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. **Journal of the Canadian Dental Association**, feb. 2006, v.72, n.1, p.75-80.

Sinn D, Cillo JE, Miles BA.. Stereolithography for craniofacial surgery, **The Journal of Craniofacial Surgery**, sep. 2006, v.17, n.5, p.869-875.

Souza MA, Centeno TM, Pedrini H. Integrando reconstrução 3D de imagens tomográficas e prototipagem rápida para a fabricação de modelos médicos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, ago. 2003, v.19, n.2, p.103-115.

Steck JH, Miquelino R, Souza ALG, Gouveia MF, Silva JVL. Planejamento de cirurgias complexas em cabeça e pescoço – o uso de modelos tridimensionais, **Rev. Bras. Cir. Cabeça Pescoço**, ago. 2007, v.36, n.3, p.171-173.

Stimac GK, Kelsey CA. Técnicas avançadas de imagem diagnóstica. **Introdução ao Diagnóstico por Imagens**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, p.1-25.

Suomalainen A, Vehmas T, Kortesiemi M, Robinson S and Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. **Dentomaxillofacial Radiology**, jan. 2008, v.37, n.1, p.10-17.

Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, jul-aug. 2003, v.18, n.4, p.599-604.

Van Assche N, Van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of Implant Placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study, **Journal Clin. Periodontol.**, 2007, v.34, p.816-821.

Van De Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery, **Clin. Oral Impl. Res.**, 2008, v.19, p.66-72.

Van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, Wendelhag I. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae. A prospective multicenter study. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2005, v.7, suppl 1, p.S111-S120.

Van Steenberghe D, Naert I, Anderson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2002, v.17, p.663-670.

Vercruyssen M, Jacobs R, Van Assche N, Van Steenberghe D. The use of ct scan based planning for oral rehabilitation by means of implants and its transfer to the surgical field: a critical review on accuracy, **Journal of Oral Rehabilitation**, 2008, v.35, p.454-474.

Widmann G & Bale RJ. Accuracy in computer-aided implant surgery: A review. **Int J Oral Maxillofac Implants**, 2006, v.21, p.305-313.

Widmann G, Widmann R, Widmann E, Jaschke W and Bale R. Use of surgical navigation system for CT-guided template production. **Int J Oral Maxillofac Implants**, 2007, v.22, p.72-78.

Winder J & Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for applications in oral and maxillofacial surgery. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, Jul. 2005, v.63, n,7, p.1006-1015.

Wittwer G, Adeymo WL, Schicho K, Figl M, Enislidis G. Navigated *flapless* implant placement in the mandible: a pilot study in 20 patients, **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, 2007, v.22, p.801-807.

Wittwer G, Adeymo WL, Wagner A, Enislidis G. Computer-guided *flapless* placement and immediate loading of four conical screw-type implants in the edentulous mandible, **Clin. Oral Implant. Res.**, 2007, v.18, p.534-539.

Woitchunas GFP. Análise da precisão de guias prototipados na transferência do planejamento virtual em implantodontia. Porto Alegre, 2008. Tese (Doutorado em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Wörle PS. Single-tooth replacement in aesthetic zone with immediate provisionalization: fourteen consecutive case reports. **Practical Procedures & Aesthetic Dentistry**, 1998, v.10, n.9, p.1107-1114.

Wulf J et al. Medical biomodelling in surgical applications: results of a multicentric European validation of 466 cases. **Studies in Health Tecnology and informatics**, 2003, v.94, n.1, p.404-406.

Yu IH & Wong YK. Evaluation of mandibular anatomy related to sagittal split ramus osteotomy using 3-dimensional computed tomography scan images, **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, 2008, v.37, p.521-528.