

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM PRÓTESE DENTÁRIA

LUIZ GUSTAVO FLECK HECK BRITTO

**Análise da exatidão de programas computacionais no  
planejamento pré-operatório em Implantodontia**

Porto Alegre 2013

LUIZ GUSTAVO FLECK HECK BRITTO

## **Análise da exatidão de programas computacionais no planejamento pré-operatório em Implantodontia**

*Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, na área de Prótese Dentária, pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.*

*Orientador: Prof. Dr. Eduardo Rolim Teixeira*

Porto Alegre 2013

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B862a Britto, Luiz Gustavo Fleck Heck

Análise da exatidão de programas computacionais no planejamento pré-operatório em Implantodontia / Luiz Gustavo Fleck Heck Britto. – Porto Alegre, 2013.  
59 f.

Diss. (Mestrado em Prótese Dentária) Programa de Pós Graduação em Odontologia – Faculdade de Odontologia, PUCRS.

Orientação: Prof. Dr. Eduardo Rolim Teixeira.

1. Implantes dentários. 2. Cirurgia bucal. 3. Planejamento virtual. 4. Tomografia computadorizada de feixe crônico.  
I. Teixeira, Eduardo Rolim. II. Título.

CDD 617.5221

**Aline M. Debastiani**  
**Bibliotecária - CRB 10/2199**

DEDICATÓRIA

À minha família

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À **Deus**, por sempre me acompanhar nesta caminhada.

Dedico este trabalho aos meus pais **José Antonio e Heloisa**. Agradeço à vocês pela dedicação em dar a mim o bem mais precioso: o estudo. São e sempre serão meus referenciais.

Ao meu irmão **João Francisco** por compartilhar anos maravilhosos da minha infância.

A minha família, tios, tias, primas e primos. Em especial à minha prima e futura colega de profissão **Amanda**.

À **Rafaela Hias Moreira Huergo**, por ser a pessoa que escolhi para me acompanhar para o resto da minha vida.

À **Ana Paula Pires Assumpção**, por ser fundamental nesta minha caminhada na odontologia.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor **Dr. Eduardo Rolim Teixeira** pela orientação ao longo deste trabalho.

À professora **Dra. Helena Wilhelm de Oliveira** pela ajuda fundamental e determinante para a realização deste trabalho.

À professora **Dra. Rosemary Sadami Arai Shinkai** pelo apoio necessário à conclusão desta pós-graduação.

À **Dra. Andressa Presotto** pelo apoio na realização desta pesquisa.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação da Faculdade de Odontologia da PUCRS pela atenção e colaboração.

Ao professor **Dr. Caio Marcelo Panitz Selaimen**, agradeço pela amizade construída fora dos muros da universidade. Agradeço pelos imensuráveis ensinamentos passados dentro e fora de sala de aula sobre a odontologia e sobre a vida.

Agradeço aos meus amigos **Dr. Leonardo Hoffmann Barcellos e Dr. Mauro Gomes Trein Leite**, possuidores de grande conhecimento técnico e científico, por dividirem esses conhecimentos comigo.

Ao professor **Dr. Celso Gustavo Schwalm Lacroix** pela oportunidade da docência. Exemplo de professor e profissional. Estendo meus agradecimentos ao grande professor **Dr. Francisco Amado Bastos Lacroix**.

Aos meus colegas de mestrado **Caroline Piffer e Eduardo Villarinho** por estes dois anos de convívio.

Ao professor **Dr. Marcel Fasolo de Paris**, por aceitar o convite de participar da banca de defesa desta dissertação.

Aos meus colegas de faculdade que tanto estimo: **Douglas Ghinzelli, Lucas Horlle, Marília Burgüel, Natalia Corsetti, Roberta Chazan, Samantha Lieberknecht e Tainá Fritzen.**

E a todos aqueles que de alguma forma, contribuíram não apenas para o êxito deste trabalho, mas também por fazer parte da minha formação pessoal e profissional.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOMR - American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology

.bpt - Extensão de arquivos de computador

CAD - Computer-Aided Design

CAM - Computer-Aided Manufacturing

CCI - Coeficiente de Correlação Intraclasse

.cnv - Extensão de arquivos de computador

DICOM - Digital Imaging Communicatios in Medicine

et al. - e outros

EUA - Estados Unidos da América

FTP - File Transfer Protocol

Ltda. - Limitada

PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

TC - Tomografia Computadorizada

TCCB - Tomografia Computadorizada cone-beam

TCFB - Tomografia Computadorizada fan-beam

SPSS - Statistical Package for the Social Science

.stl - Extensão de arquivos de computador

www - World Wide Web

3D - Tridimensional

3DP® - Three-Dimensional Printing

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm - centímetro

HeCd - Hélio-Cádmio

kVp - quilovoltagem pico

mA - miliampére

mm - milímetro

mm<sup>2</sup> - milímetro quadrado

p - nível de significância de um teste estatístico

® - marca registrada

% - por cento

± - mais ou menos

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Réplicas de mandíbula humana utilizadas na pesquisa.....	<b>29</b>
<b>Figura 2 e 3:</b> Marcações com caneta marcadora onde foram realizadas as perfurações, com visões superior e inferior do modelo mandibular.....	<b>29</b>
<b>Figuras 4a,4b,4c:</b> Sequencia de brocas utilizadas na perfuração. Broca Lança, Broca Helicoidal de 2 mm e broca piloto 2/3.....	<b>30</b>
<b>Figuras 5,6, 7 e 8 :</b> Sequência do preparo das perfurações. Broca Lança, Broca Helicoidal de 2mm e broca piloto 2/3.....	<b>31</b>
<b>Figura 9:</b> O posicionamento da mandíbula sobre plataforma de acrílico interposta por uma esponja.....	<b>32</b>
<b>Figura 10:</b> Mesa de trabalho do programa Dentalslice®, com quatro janelas de visualização para o planejamento.....	<b>34</b>
<b>Figura 11:</b> O programa Nobelguide® possui na mesa de trabalho, com duas janelas de visualização para o planejamento.....	<b>34</b>
<b>Figura 12a e 13b:</b> Pontos de referência para as mensurações das distâncias entre as perfurações.....	<b>35</b>
<b>Figura 13a e 13b:</b> Mensuração realizada com auxilio de um paquímetro digital.....	<b>36</b>
<b>Foto 14a e 14b:</b> Seis pontos de medição em cada uma das oito réplicas das mandíbulas.....	<b>36</b>
<b>Figura 15:</b> Mesa de trabalho do software DentalSlice® visualizando os cortes transversais com a indicação do ícone de medição indicado pela seta.....	<b>37</b>
<b>Figura 16:</b> Processo de medição realizado no software Dentalslice®.....	<b>38</b>

<b>Figura 17:</b> Visualização da medição realizada nos cortes transversais <i>cross</i> no programa DentalSlice®.....	<b>39</b>
<b>Figura 18:</b> Mesa de trabalho do software Nobelguide® com a indicação do ícone de medição indicado pela seta.....	<b>40</b>
<b>Figura 19:</b> Processo de medição na janela transversal realizado no software Nobelguide®.....	<b>41</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Valores das medições realizadas nos objetos reais e nos programas computacionais.....	<b>41,42 e 43</b>
<b>Tabela 2:</b> Estatística descritiva (n=48 imagens).....	<b>44</b>
<b>Tabela 3:</b> comparação dos valores reais entre os programas computacionais.....	<b>45</b>
<b>Tabela 4:</b> Comparação dos objetos reais com os programas computacionais. (n= 48 imagens).....	<b>46</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1:** Comparação entre as 3 medidas obtidas das 48 imagens analisadas.....**45**

**Gráfico 2:** Comparação com os valores (em mm) Reais e entre programas computacionais.....**46**

**Gráfico 3:** Comparação dos objetos reais com os programas computacionais. (n= 48 imagens).....**47**

## RESUMO

Os sistemas de planejamento virtual, baseados em imagens tomográficas, possibilitam ao profissional definir as regiões mais adequadas para a colocação de implantes dentários. Diversos fatores influenciam na transferência do planejamento virtual para o campo cirúrgico. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a exatidão de mensurações lineares de dois softwares de planejamento quando comparados a medições lineares realizados em um objeto real. Para isso, utilizaram-se oito réplicas de mandíbulas humanas onde foram realizadas medições em pontos específicos. Estas medições foram realizadas também no âmbito virtual e comparadas com as mensurações realizadas no objeto real. Ao se aplicar o teste estatístico *t* de *Students* para comparar as amostras, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas. O software Nobelguide® apresentou valores significativamente inferiores aos valores reais enquanto o software Dentslice® apresentou valores significativamente superiores aos valores encontrados no objeto real. Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, indica-se a necessidade de estudos complementares que verifiquem a aplicabilidade destes softwares de planejamento na prática clínica.

Descritores\*: Cirurgia Bucal. Implantes Dentários. Planejamento Virtual, Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

## ABSTRACT

The tomography-based virtual planning systems allow the surgeon to select the best location for the placement of dental implants. Taking the virtual planning from the computer into reality correctly is attached to a great number of factors.. The aim of this study was to analyse the precision of linear measurements performed in two different virtual planning softwares, when compared to the linear measurements performed on a real object. Eight human mandible replicas were used in this study. Linear measurements were performed in specific points of this replicas. The same measurements were made using the virtual planning softwares, and then compared to the real object. Statistically significant difference between the groups was found. The Nobelguide software group presented significantly lower values when compared to the real mandibles, while the Dentalslice software group showed significantly higher values, compared to the real measurements. Within the limitations of this in vitro study, the authors conclusion is that further studies are needed to determine the applicability of virtual planning softwares on the clinical practice.

Keywords\*: Dental Implants. Planning. Surgery, Oral. Cone-Beam Computed Tomography

\*Bireme - Descritores em Ciências da Saúde. Disponível em <http://decs.bvs.br>.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	16
2. Revisão de Literatura.....	19
3. Metodologia.....	28
3.1 Problema.....	28
3.2 Configuração da Amostra.....	28
4. Resultados.....	42
5. Discussão.....	45
6. Conclusão.....	54
7. Bibliografia.....	55
8. Anexos.....	59

## 1. Introdução

O avanço tecnológico e o desenvolvimento de novas técnicas em imagiologia biomédica têm propiciado uma nova fronteira de conhecimento na área da Implantodontia. Tais recursos tecnológicos permitem ao profissional uma nova ferramenta de diagnóstico e planejamento (GARIB et al., 2007; SUOMALAINEN et al., 2008). A consolidação do tratamento com implantes dentários na reabilitação bucal com mais de quarenta anos de estudos sobre a aplicação clínica dos mesmos permitiram, entre outros avanços, o desenvolvimento de instrumentos auxiliares de planejamento cirúrgico baseados em programas computacionais. A utilização clínica de tais programas possibilita tanto um planejamento prévio à colocação de implantes bem como a realização de cirurgias virtuais com confecção de guias prototipadas de acordo com o planejamento computacional para cada caso. O desenvolvimento de programas de computador para o planejamento da posição dos implantes e para a fabricação de guias cirúrgicas personalizadas possibilita um ato cirúrgico menos invasivo e mais previsível (VAN STEENBERGHE et al., 2002).

Com o advento da tomografia computadorizada e seu constante aprimoramento, houve uma revolução no planejamento cirúrgico em implantodontia. A imagem gerada pela tomografia permite uma visualização tridimensional e fidedigna da estrutura óssea, ao contrário das técnicas tradicionais de radiografias periapical e panorâmica que nos reproduzem imagens magnificadas, muitas vezes distorcidas e invariavelmente em duas dimensões (KLINGE, PETERSSON e MALY, 1989).

Na última década, tivemos a introdução na odontologia da tomografia computadorizada volumétrica em feixe de cone (cone-beam). Técnica que permite

reproduzir a mesma imagem tridimensional da zona óssea de interesse associada a uma precisão confiável com menor dose de radiação emanada ao paciente e a um menor custo que as técnicas tradicionais (LOUBELE et al., 2007 ; GARIB et al., 2007).

A associação entre sofisticados programas de planejamento virtual e a construção de guias cirúrgicos prototipados para Implantodontia tem propiciado uma relação confiável entre a posição planejada no pré-operatório com a posição final dos implantes dentários obtida na colocação cirúrgica dos mesmos. Isto tem tornado a etapa cirúrgica mais segura e previsível em Implantodontia (WIDMANN e BALE, 2006; WOITTCHUNA, 2008; VIEGAS et al., 2010).

A partir da aquisição dos dados eletrônicos da imagem tomográfica no formato DICOM, estes são posteriormente convertidos em imagens utilizando um programa específico, sendo manipulados e reformatados em imagens bidimensionais e modelos tridimensionais da região óssea desejada na posição e visão que o cirurgião desejar. Para determinadas técnicas que possibilitam a aplicação de cirurgia virtual e confecção de guia cirúrgico associado, esta reformatação é realizada em duas etapas distintas. Uma da guia tomográfica isolada e a outra da região óssea selecionada para cirurgia. Logo em seguida, as duas imagens são sobrepostas eletronicamente com precisão, utilizando como referência artefatos radiopacos previamente estabelecidos como pontos de referência para o operador do programa.

A grande vantagem da aplicação desta técnica de cirurgia guiada é a visão realista da morfologia óssea do paciente no pré-operatório, permitindo ao cirurgião executar virtualmente o procedimento cirúrgico antes de intervir diretamente no paciente, de uma forma precisa e confiável. Permite também, tanto a escolha ideal do comprimento e diâmetro do implante a ser utilizado para cada caso, como a altura

e a inclinação dos pilares protéticos em relação à futura restauração a ser confeccionada. Isto faz com que esta técnica supere as limitações dos guias cirúrgicos convencionais, onde estas características de posição dos implantes são determinadas aleatoriamente em muitos casos.

Inúmeros trabalhos relatam o sucesso clínico dos implantes realizados com o emprego da técnica de cirurgia guiada, todavia, a avaliação das variações na transferência do planejamento virtual para o campo operatório ainda é pouco descrita na literatura.

Assim, o objetivo deste estudo foi de avaliar a exatidão de diferentes programas computacionais para planejamento cirúrgico em Implantodontia. Avaliamos os programas NobelGuide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) e DentalSlice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil), comparando os resultados obtidos entre medições ósseas realizadas com o emprego destes programas em réplicas de mandíbulas com medições reais tomadas diretamente nos modelos ósseos em questão.

## 2. Revisão de Literatura

Os implantes osseointegrados vêm sendo utilizados com substanciais índices de sucesso clínico há mais de 50 anos, constituindo-se uma alternativa reabilitadora aplicável em pacientes parcial e totalmente edêntulos (ADELL et al., 1981; BRANEMARK et al., 1977).

Klinge, Petersson e Maly (1989) realizaram um estudo comparando a radiografia periapical, panorâmica e a tomografia computadorizada na localização do canal mandibular em quatro mandíbulas secas. Utilizaram como referência esferas metálicas coladas com fita adesiva no corpo da mandíbula para orientar o posicionamento dos cortes tomográficos e, posteriormente, executar o corte das mandíbulas para medição. As mensurações radiográficas encontradas foram as seguintes: uma margem de erro de até mais ou menos 1mm em 94% das tomografias computadorizadas, em 53% das radiografias periapicais, em 39% das tomografias convencionais e em 17% das radiografias panorâmicas. Concluíram que a tomografia computadorizada reproduz com maior confiabilidade a posição do canal mandibular em relação a outros exames radiográficos até então disponíveis no mercado. Sugerem ainda uma margem de segurança de 1 a 2 mm.

Lacroix (2000) avaliou a exatidão da tomografia computadorizada na localização do canal mandibular.. As medidas tomográficas foram comparadas com as medidas obtidas nas mandíbulas humanas secas seccionadas. Verificou que a diferença era muito pequena entre a imagem tomográfica e o tamanho real da mandíbula seca. Concluiu que o exame tomográfico constitui em uma ferramenta segura de diagnóstico e planejamento clínico.

Atualmente o uso de exames de tomografias computadorizadas constitui-se em um pré-requisito de importância substancial para instalação de implantes dentários. Os aparelhos de tomografias computadorizadas podem ser classificados quanto à forma de emissão do feixe de raios X: *Fan-beam* ou de feixe em leque e *cone-beam* ou de feixe cônico (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006).

O desenvolvimento da tomografia computadorizada tipo cone-beam (TCCB) ou tomografia computadorizada volumétrica permite a reprodução da imagem tridimensional dos tecidos mineralizados com mínima distorção e uma dose significativamente menor de radiação que a tomografia computadorizada convencional (GARIB et al., 2007 ; SUOMALAINEN et al., 2008).

Van Steenberghe et al. (2002) realizaram um estudo piloto para avaliar os resultados da colocação de implantes dentários pela técnica de cirurgia guiada em maxilas edêntulas de dois cadáveres. Posteriormente, aplicaram o método na reabilitação bucal de oito pacientes. 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 foram analisadas. 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.

Widmann e Bale (2006) realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de avaliar os diferentes fatores e limitações que influenciam a precisão da cirurgia guiada

em Implantodontia. Definiram que a precisão de um procedimento com cirurgia guiada é definida pelo desvio de posição ou do ângulo do implante instalado em relação ao seu planejamento virtual. Os erros são acumulativos e ocorrem em todas as etapas do tratamento, desde a aquisição das imagens tomográficas até o procedimento cirúrgico. Concluem que são necessários estudos clínicos de longo prazo para examinar os aspectos de sucesso do tratamento com cirurgia guiada.

Van Assche et al. (2007) em um estudo com quatro mandíbulas humanas parcialmente edêntulas e com a presença de tecidos moles avaliaram a precisão da transferência do planejamento virtual para a instalação dos implantes dentários. Todas as etapas clínicas da cirurgia guiada foram executadas nas peças anatômicas até a instalação dos implantes. Após a instalação de doze implantes, foram realizadas tomografias tipo cone-beam para comparação com as tomografias pré-operatórias. Os implantes apresentaram, em média, uma variação angular de 2 graus (0,7-4,0) quando comparado com o planejamento virtual. Já a variação linear foi de 1 mm (0,3 – 2,3 mm) na região mais superficial e de 2 mm (0,7-2,4 mm) na região do ápice do implante. Os autores concluíram que o planejamento virtual utilizando imagens obtidas por tomógrafos *cone-beam* podem ser aplicados em cirurgia para colocação de implantes dentários com guia prototipado.

Loubele et al. (2007) avaliaram, por meio de medidas lineares, as dimensões de 25 mandíbulas humanas secas observadas em cortes de tomografia e feixe cônico e feixe em leque.. As mensurações reais, 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. Os autores concluíram que para avaliação das dimensões ósseas, as tomografias avaliadas apresentam resultados satisfatórios, apesar de subestimarem o tamanho real do objeto.

Veyre-Goulet, Fortin e Thierry (2008) realizaram um estudo em cadáveres humanos para avaliar a precisão da medição linear de tomografias tipo *cone-beam*. Utilizaram no estudo três maxilas secas. Foram realizadas 14 perfurações nas corticais ósseas e preenchidas com material radiopaco. Após a aquisição das imagens as maxilas foram serradas e as perfurações foram então medidas utilizando um paquímetro digital para verificar o valor real de cada medida. Utilizaram o programa computacional EasyGuide® (Keystone Dental Inc. Burlington, MA, USA) para as medições virtuais das tomografias. Os autores concluíram as diferenças entre as medidas reais e as medidas obtidas nas imagens não foram clinicamente significativas.

Woitchunas (2008) em um estudo com onze mandíbulas humanas secas avaliou a transferência do planejamento virtual da posição de implantes dentários para o campo operatório. Utilizou para a aquisição das imagens um aparelho de tomografia helicoidal *multislice*. A instalação dos implantes se deu com auxílio de guias prototipados confeccionados pela técnica de estereolitografia. Após a instalação dos implantes foram realizadas novas tomografias para comparação com o planejamento virtual. As imagens tomográficas foram sobrepostas e obtiveram uma diferença média entre a região mais superficial dos implantes instalados de 0,74mm e uma variação angular média de 2,25 graus quando comparados com os implantes planejados virtualmente. Nesta pesquisa houve diferenças estatisticamente significativas entre as posições obtidas e planejadas. A autora indica a necessidade e novos estudos para analisar a aplicabilidade desta nova técnica na prática clínica de implantodontia.

Jung et al. (2009) realizaram uma revisão sistemática da literatura para avaliar a precisão e o desempenho clínico de instrumentos de planejamento virtual para

implantodontia. Consideraram para a revisão 19 estudos de acurácia e 13 estudos clínicos. Para os estudos de precisão o resultado encontrado revelou um erro total médio de 0,74 mm (máximo de 4,5 mm) no ponto de entrada no osso e 0,85 mm no vértice (máximo de 7,1 mm). E nos estudos clínicos a taxa de insucesso para os implantes foi de 3,36% de um total de 506 implantes instalados após um período de 12 meses de acompanhamento. Concluíram que existe um grande número de sistemas de cirurgia guiada no mercado. Verificou uma taxa média de sobrevivência do implante de 96,6% depois de 12 meses e uma taxa de 4,6% de intercorrências operatórias e eventos inesperados. A exatidão dos sistemas guiados depende de uma correta execução de todas as etapas clínicas. Os autores afirmam que ainda não existe evidência para sugerir que a cirurgia guiada seja superior aos processos convencionais em termos de segurança, resultado, morbidade ou eficiência de colocação de implantes.

Em outro estudo para avaliar a precisão de cirurgias guiadas usando o programa computacional Dentslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) Viegas et. al. (2010) realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a transferência do planejamento virtual para instalação de implantes usando guias prototipadas em cirurgias guiadas. Utilizaram onze réplicas idênticas à mandíbula humana feitas de resina epóxi. O planejamento virtual dos implantes foi realizado no programa computacional Dentslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil). Foram planejados dois implantes em cada réplica de mandíbula. Após o planejamento virtual foi confeccionado um guia prototipado pelo método de estereolitografia para a instalação dos implantes nas réplicas de mandíbulas. Depois de instalados os implantes, novas tomografias foram realizadas para comparar com o planejamento virtual. A comparação foi realizada com a sobreposição das imagens do planejamento dos

implantes com as imagens dos implantes instalados. Avaliaram as distancias lineares entre os limites apicais, centrais e coronais dos implantes planejados e colocados e o ângulo do longo eixo formado pelos implantes planejados e colocados. Resultados encontrados nos implantes colocados sobre o lado direito das réplicas de mandíbula as diferenças médias das medidas lineares nas distâncias foram: apical de  $0,36 \pm 0,25$ mm, central de  $0,31 \pm 0,15$ mm e coronal de  $0,30 \pm 0,17$ mm. Nos implantes colocados no lado esquerdo as diferenças médias das distâncias foram: Apical de  $0,41 \pm 0,22$ mm, central de  $0,39 \pm 0,20$ mm e coronal de  $0,37 \pm 0,20$ mm. O ângulo formado pelos longos eixos tiveram uma diferença média de  $1,45 \pm 0,39^\circ$  para os implantes do lado direito e  $0,70 \pm 0,30^\circ$  para os do lado esquerdo. Os autores concluíram de acordo com os resultados encontrados nesta pesquisa que a técnica de cirurgia guiada é confiável. A margem de segurança do método, considerando a variação na posição dos implantes e a superestimação ou subestimação de medidas em procedimentos simulados em biomodelos, deve ser mais bem avaliada em estudos clínicos.

Gillot et al. (2010) em um estudo clinico instalaram 211 implantes em 33 pacientes com maxilas edêntulas utilizando o sistema Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), Acompanharam os pacientes durante um período de 12-51 meses. Dos 211 implantes instalados houve a perda de 4 implantes, portanto a taxa de sobrevivência foi de 98,1%.

Damstra et al. (2010) avaliaram a precisão de tomografias computadorizadas tipo *cone-beam* comparando diferente tamanhos de voxel. Utilizaram no estudo dez mandíbulas secas onde foram realizados 12 marcações com o uso de brocas cirúrgicas. Em seguida foram realizadas tomografias utilizando os tamanhos de voxel de 0,25mm e 0,40mm. Em cada imagem foram realizadas 25 medições em cada uma

das dez mandíbulas secas. As distâncias foram repetidas três vezes pelo mesmo observador. Para análise estatística se usou a média das três medições de cada ponto. Concluíram que o uso de tomografias com voxel de tamanhos 0,25mm e 0,40mm quando comparado com o real não interfere na precisão do exame.

Vasak et al. (2011) realizaram um estudo prospectivo destinado a avaliar o desvio total dos implantes instalados quando comparados ao planejamento virtual utilizando o sistema de cirurgia guiada Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), O estudo contou com 18 pacientes onde foram instalados 86 implantes em mandíbulas e maxilas. Após a instalação dos implantes foram realizadas tomografias computadorizadas para avaliar os desvios entre os implantes planejados e os executados. Os desvios médios encontrados na plataforma dos implantes foram de 0,43mm no sentido buco-lingual, 0,46mm no sentido mesio-distal e 0,53mm em profundidade. E em nível do ápice do implante os valores encontrados foram de 0,7mm no sentido buco-lingual, 0,63mm no sentido mesio-distal e de 0,52mm em profundidade. Foram observados desvios menores em implantes posicionados na região anterior quando comparados com os posteriores e desvios menores em maxilas quando comparados com a mandíbula. Os autores concluíram que o sistema de cirurgia guiada usado no estudo é confiável e apto para uso na prática clínica. Segundo os autores as diferenças de posição medidas neste estudo clínico estão dentro das margens de segurança recomendadas pelo programa computacional de planejamento.

Gerlach et al.(2012) utilizaram o programa computacional NobelGuide® para avaliar a precisão do uso de tomografias computadorizada tipo *cone-beam*. Utilizaram duas cabeças de cadáveres humanos, sendo uma dentada e outra edêntula. Utilizaram o tomógrafo i-CAT® (5i-CAT® Cone Beam 3-D Imaging System, Imaging

Sciences International, Hatfield, PA, EUA) para a aquisição das imagens. Para avaliar a precisão eles compararam as medições realizadas no programa computacional Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), com os cortes histológicos das regiões avaliadas. Concluíram que os valores medidos no programa foram maiores que os medidos nos cortes histológicos. Segundo os autores estes valores superestimados devem ser considerados como relevantes e de possível influência no planejamento pré-operatório.

Soares et al (2012) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a precisão do programa computacional Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil). Utilizaram seis réplicas de mandíbulas de resina epóxi onde foram instalados três implantes em cada uma das mandíbulas de acordo com o planejamento programa computacional. Os implantes foram instalados com o auxílio de um guia prototipado também planejado no Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil). Após a instalação dos implantes nas réplicas da mandíbula, uma nova tomografia foi realizada para comparar a posição dos implantes planejados virtualmente com os implantes instalados. As imagens então foram sobrepostas e avaliaram as distâncias lineares entre os limites apicais, centrais, coronais e o ângulo do longo eixo formado pelos implantes planejados e instalados. Foram observadas diferenças entre todas as distâncias medidas (real x virtual). As distâncias apicais tinham um valor médio de  $1,39 \pm 0,40$  mm. As distâncias centrais  $1,36 \pm 0,41$  mm e as distâncias coronais tinham valores médios de  $1,38 \pm 0,42$  mm. As diferenças entre os ângulos formados no longo eixo dos implantes tiveram um valor médio  $2,16 \pm 0,91$  graus. Os autores concluíram que a precisão do método demonstrado está dentro dos limites aceitáveis para a cirurgia guiada descrito na literatura. Sugerem que outros estudos sejam feitos para avaliar fatores específicos, tais como, influência da experiência do cirurgião, torque de colocação dos

implantes com o uso dos guias prototipados, influência da espessura de mucosa e o número de implantes.

Van Assche et al. (2012) realizaram uma revisão sistemática sobre a acurácia dos sistemas de cirurgia guiada. Os parâmetros analisados nos estudos foram: o desvio no ponto de entrada do implante, desvio no ápice do implante, diferença da profundidade e o desvio angular dos implantes instalados quando comparados aos implantes planejados virtualmente. A revisão selecionou 19 estudos dentro dos critérios estabelecidos, sendo dois *in vitro*, cinco em cadáveres humanos e doze estudos clínicos. Os estudos tinham um total de 1688 implantes instalados que foram comparados com seus planejamentos virtuais. O desvio médio geral para o ponto de entrada foi de 0,99 mm e um o desvio médio na região do ápice de 1,24mm. A diferença media de profundidade foi de 0,46mm e a diferença media de angulação foi de 3,81 graus. Os autores concluem que a técnica de cirurgia guiada por computador é confiável na prática clínica, mas apresenta diferenças significativas que deverão ser levadas em conta, sugerindo uma margem de segurança de 2 mm. Mais estudos foram indicados como necessários para aperfeiçoar a técnica virtual de cirurgia e para encontrar uma visão clara sobre as indicações e benefícios sobre a técnica.

### **3. Metodologia**

Esta pesquisa foi realizada junto ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), como parte integrante da linha de pesquisa Técnicas e Aparelhos em Odontologia. O protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS, sob o número 0054/11. (ANEXO A).

#### **3.1. Problema**

As possíveis variações sugeridas na literatura dos planejamentos virtuais com o uso de programas computacionais observadas na transferência de dados do campo virtual para o campo operatório corroboram a aplicabilidade destes programas computacionais no planejamento e execução cirúrgica em Implantodontia?

#### **3.2. Configuração da Amostra**

A pesquisa foi realizada utilizando oito réplicas idênticas de mandíbula humana edêntula (Inodon® Ltda., Porto Alegre, RS, Brasil.), confeccionadas em resina epóxica e adquiridas no comércio local. (Figura1)



Figuras 1 - Réplicas de mandíbula humana utilizadas na pesquisa.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em cada réplica de mandíbula foram realizadas 12 marcações com caneta marcadora e posteriormente foram realizadas perfurações visando à criação de indicadores de posição. Estas marcações localizavam-se na região correspondente a porção superior e inferior do corpo da mandíbula, sendo ambas alinhadas entre si (Figuras 2 e 3). Foram confeccionadas seis perfurações para cada hemi-arcada mandibular.



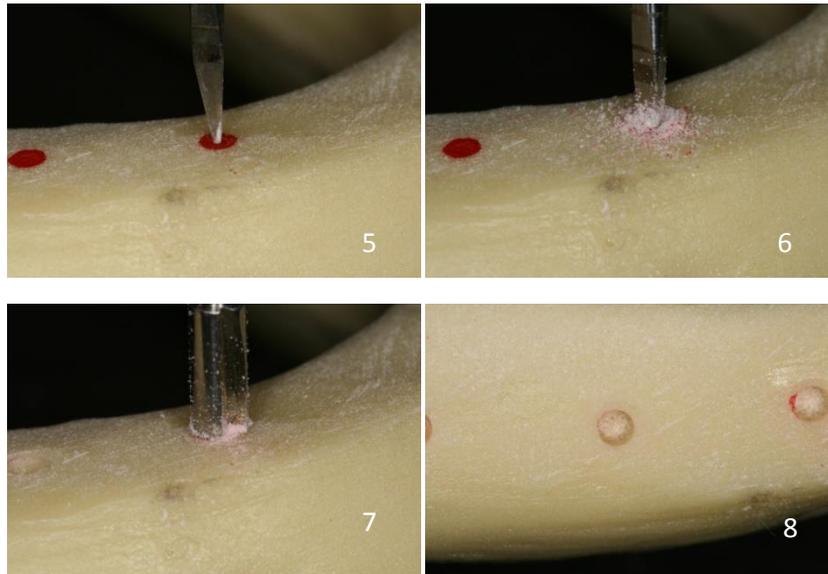
Figuras 2 e 3 - Marcações com caneta marcadora onde foram realizadas as perfurações, com visões superior e inferior do modelo mandibular. Fonte Dados da Pesquisa

Todas as perfurações foram padronizadas da seguinte maneira: uma sequência de perfuração com o uso de brocas específicas (Neodent®, Curitiba, PR, Brasil) para cirurgia de implantes. (Figura 4a,4b,4c).



Figuras 4a,4b,4c – Sequencia de brocas utilizadas na perfuração. Broca Lança (4a), Broca Helicoidal de 2 mm (4b) e broca piloto 2/3(4c). Fonte: Dados da pesquisa.

O preparo das perfurações iniciou com a broca lança (Neodent®, Curitiba, PR, Brasil) até a profundidade de 1 mm. Após foi utilizada uma broca cilíndrica helicoidal (Neodent®, Curitiba, PR, Brasil) de 2 mm de diâmetro até a profundidade de 2 mm. A última broca utilizada no preparo foi à piloto 2/3 (Neodent®, Curitiba, PR, Brasil) até a profundidade de 3 mm definida pela próprio corpo da broca. (Figuras 5, 6, 7,8) As perfurações foram realizadas com um motor cirúrgico (Kavo®, Joinvile, SC, Brasil) à uma velocidade de 300 rpm.



Figuras 5,6, 7 e 8 – Sequência do preparo das perfurações. Broca Lança (5), Broca Helicoidal de 2mm (6) e broca piloto 2/3 (7). Fonte: Dados da pesquisa.

A tomografia computadorizada utilizada neste estudo foi do tipo *cone-beam*, realizada em um tomógrafo i-CAT® (Cone Beam 3-D Imaging System, Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA) disponível comercialmente em clínicas de Radiologia no município de Porto Alegre (Clínica Dior, Porto Alegre, RS, Brasil).

As réplicas de mandíbula humana foram posicionadas no aparelho de tomografia computadorizada simulando a posição final de tomada tomográfica de um paciente sobre uma plataforma de acrílico, que neste tomógrafo seria posicionado sentado.

Entre a mandíbula e a plataforma foi interposta uma esponja de 2,5 cm de altura, para não haver interferência da plataforma acrílica do tomógrafo na imagem da região basilar da réplica de mandíbula. (Figura 9)



Figura 9: O posicionamento da mandíbula sobre plataforma de acrílico interposta por uma esponja. Fonte: Dados da pesquisa.

A aquisição das imagens-base de cada réplica de mandíbula foi realizada no regime de 40 segundos, com o protocolo de alta resolução e um voxel de 0,2 mm de dimensão final. Os parâmetros utilizados para a tomada tomográfica foram de 120 kVp e 8mA. Após a aquisição das imagens pelo o tomógrafo as projeções adquiridas foram reconstruídas em um programa proprietário do aparelho (5i-CAT® Cone Beam 3-D Imaging System, Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA), que compõe o conjunto do equipamento de tomografia computadorizada. O programa então reconstruiu as aquisições em imagens volumétricas tridimensionais. Os dados de cada tomografia foram adquiridos em formato DICOM e gravados em CD.

O programa computacional Dentslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) não identifica o formato DICOM, portanto as imagens passaram por um processo de conversão no programa Biopats Converter 2.1.5 (Bioparts, Brasília, DF, Brasil), onde foram convertidas para o formato \*.cnv (indica arquivos convertidos). A manipulação para a formação do modelo tridimensional foi realizada neste programa. Concluída

esta etapa de formação da imagem 3D o projeto foi exportado no formato bpt.(formato de arquivo das imagens digitais reconhecidas pelo programa Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil), sendo assim, possível a manipulação das imagens no programa de planejamento Dentalslice.

Já no programa computacional Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), as imagens obtidas no formato DICOM são convertidas dentro do próprio programa de planejamento não sendo necessária a manobra de conversão.

A mesa de trabalho do programa Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) apresenta quatro janelas de visualização: axial, panorâmica, tridimensional e a transversal *Cross* (Figura 10). O programa permite o planejamento virtual nas regiões mais adequadas para a instalação de implantes dentários. Possibilita o planejamento virtual com a definição das dimensões dos implantes, dos conectores a serem colocados e o posicionamento dos implantes.

O programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) apresenta em sua mesa de trabalho a visualização de duas janelas para o planejamento e em ambas há a possibilidade de visualizar os cortes axiais, transversais, panorâmico e a tridimensional. A visualização dos cortes é possível através de ícones na barra de ferramentas (Figura11).

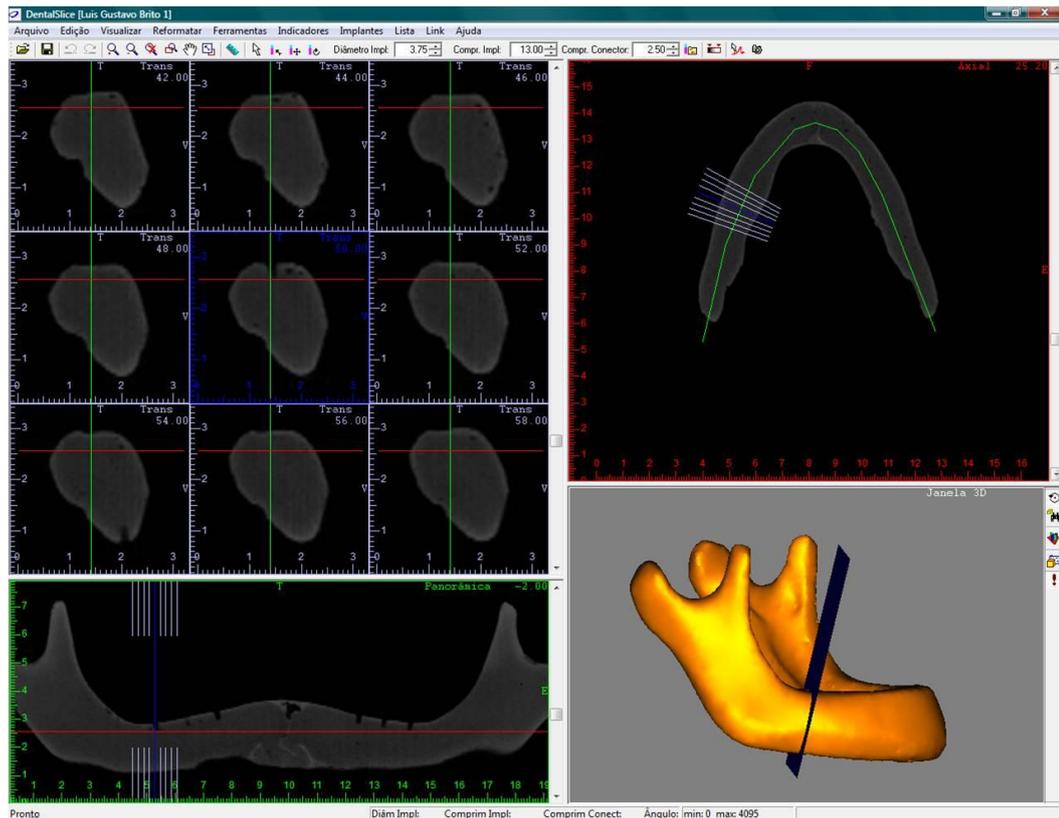


Figura 10: Mesa de trabalho do programa DentalSlice®, com quatro janelas de visualização para o planejamento. Fonte: Dados da pesquisa.

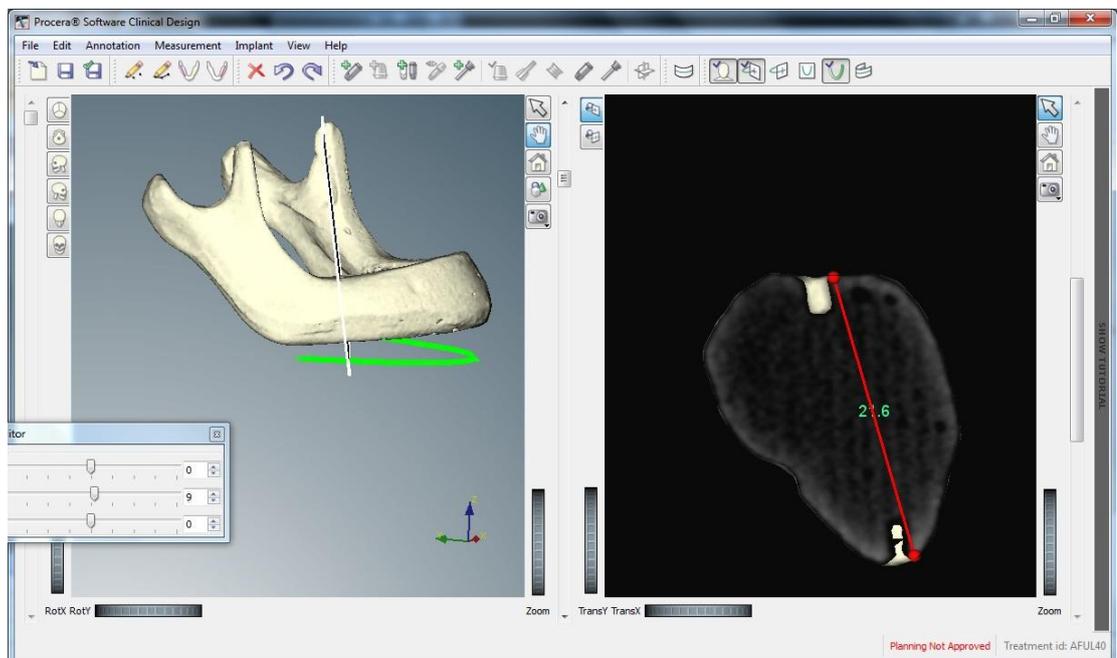


Figura 11: O programa Nobelguide® possui na mesa de trabalho, com duas janelas de visualização para o planejamento. Fonte: Dados da pesquisa.

Após as perfurações nas réplicas das mandíbulas e das tomadas tomográficas deu-se início as medições em cada uma das réplicas das mandíbulas. As mensurações foram realizadas entre cada uma das perfurações realizadas na porção de crista alveolar e região basilar das replicas da mandíbula. Os pontos de referência para as mensurações de cada distância entre as perfurações foram estabelecidos na porção vestibular e mais exterior de cada perfuração. E estas mensurações foram sempre realizadas nas paredes distais de cada perfuração. (Figura 12a, 12b)

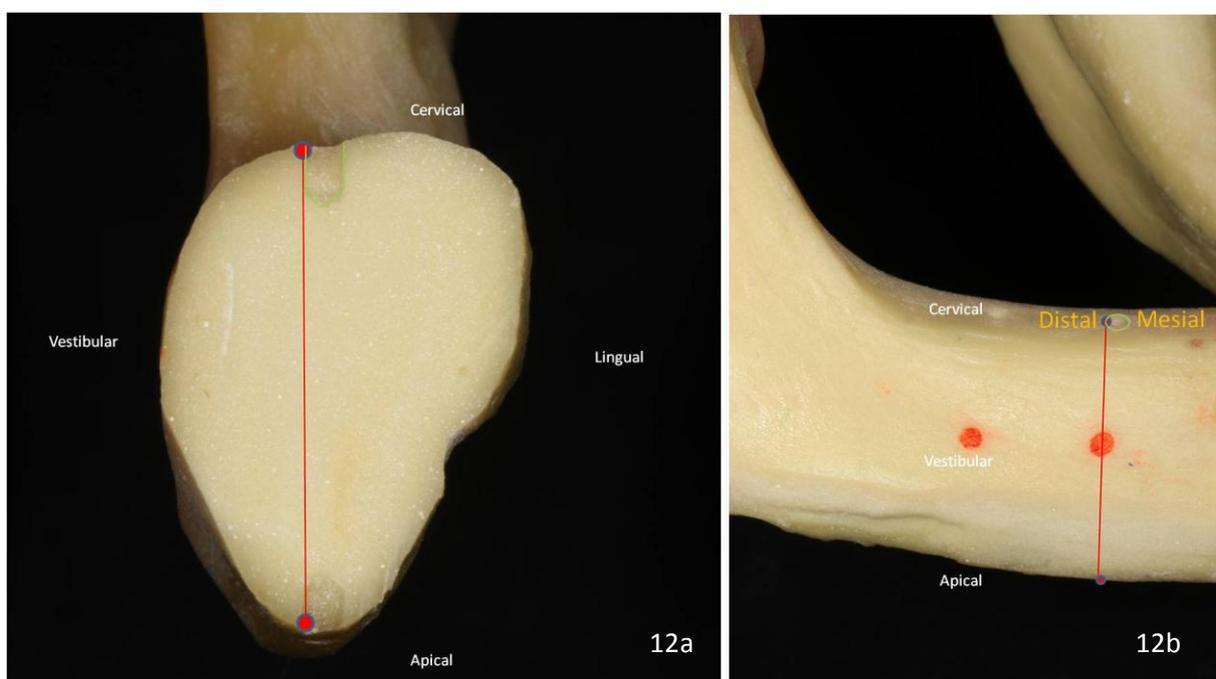


Figura 12a e 12b: Pontos de referência para as mensurações das distâncias entre as perfurações. Fonte: Dados da pesquisa.

Realizaram-se as medições nas réplicas de mandíbula utilizando um paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil). (FIGURA 13a, 13b), totalizando seis medidas lineares em cada um dos oito modelos, gerando um total final de 48 medidas. (FIGURA 14a, 14b).

Todas as medidas foram repetidas num total de três vezes pelo mesmo operador nem intervalo de sete dias para cada repetição e armazenadas numa planilha. Utilizou-se para a análise estatística a média de três medições de cada ponto dos modelos.

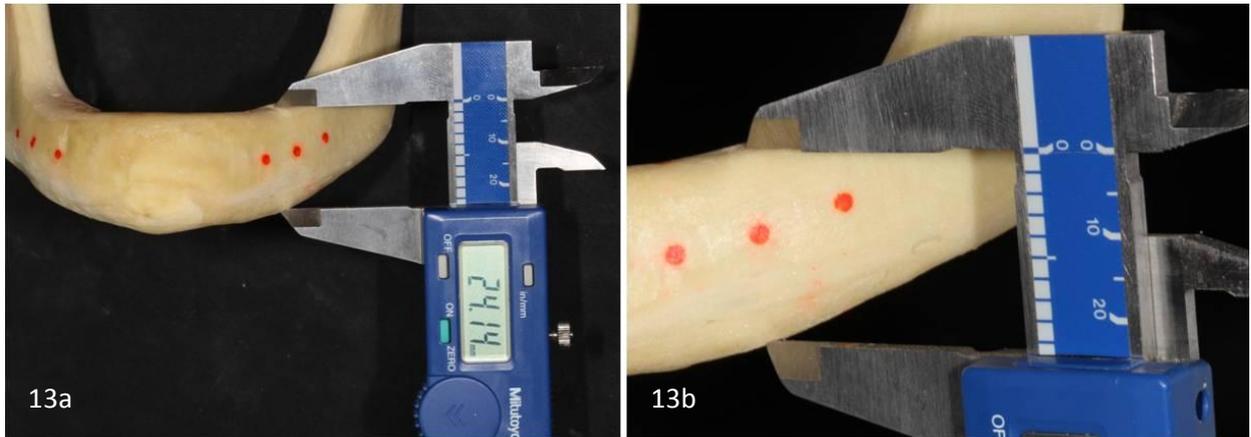


Figura 13a e 13b: Mensuração realizada com auxílio de um paquímetro digital. Fonte: Dados da pesquisa.

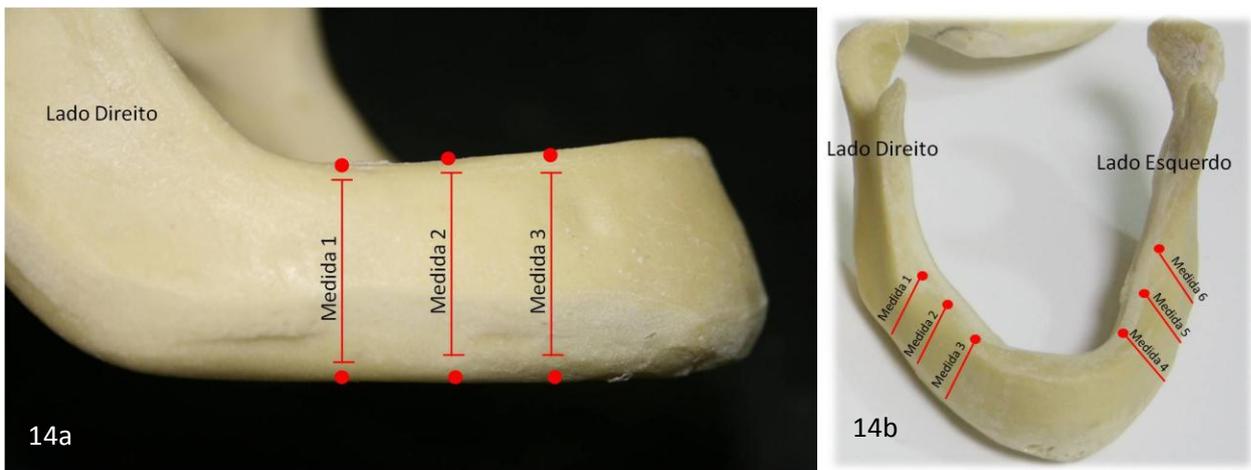


Foto 14a e 14b: Seis locais de medição em cada uma das oito réplicas das mandíbulas. Fonte: Dados da pesquisa.

Após determinar as medidas reais de cada uma das réplicas de mandíbulas iniciaram-se as medições virtuais dentro dos programas Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) e Dentslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil).

As medições no programa Dentslice®, foram executadas com o auxílio da ferramenta de medição disponível no próprio programa localizado num ícone presente na barra de ferramentas representada por uma régua (Figura 15).

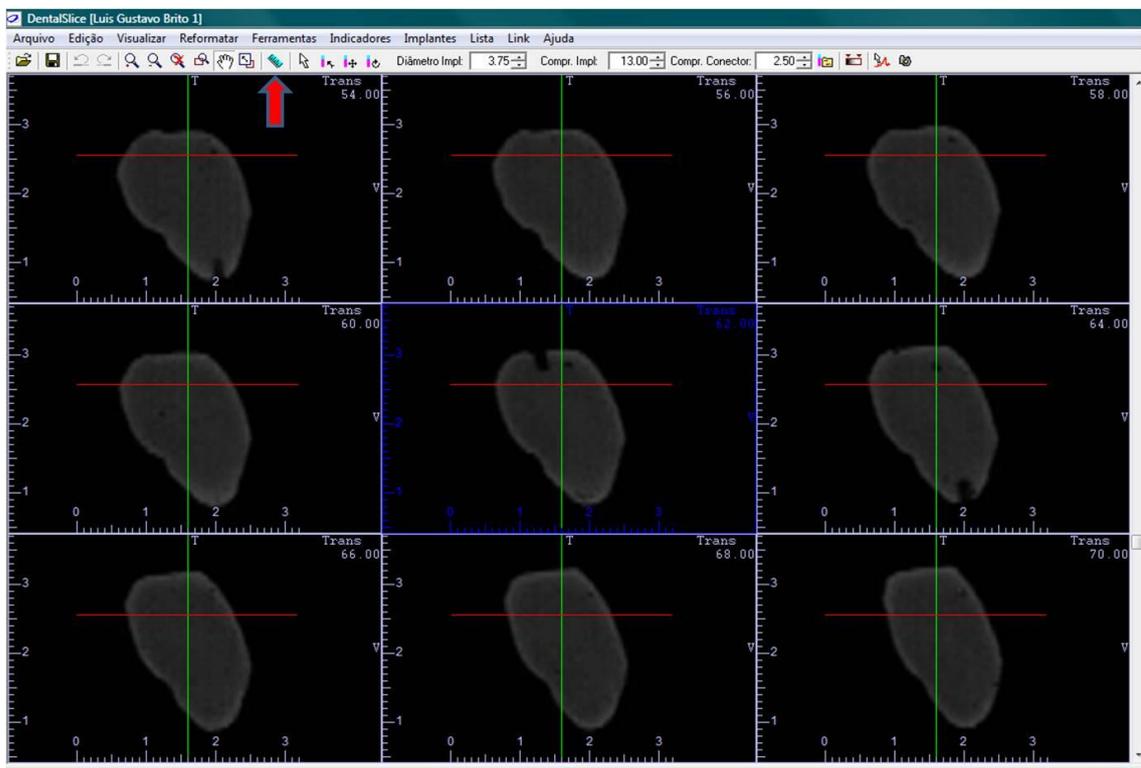


Figura 15: Mesa de trabalho do software DentalSlice® visualizando os cortes transversais com a indicação do ícone de medição indicado pela seta. Fonte: Dados da pesquisa.

As medições foram executadas na janela de visualização dos cortes transversais tipo *cross*. As medidas foram executadas a partir dos pontos já estabelecidos pelas perfurações nas réplicas de mandíbula (Figura 16).

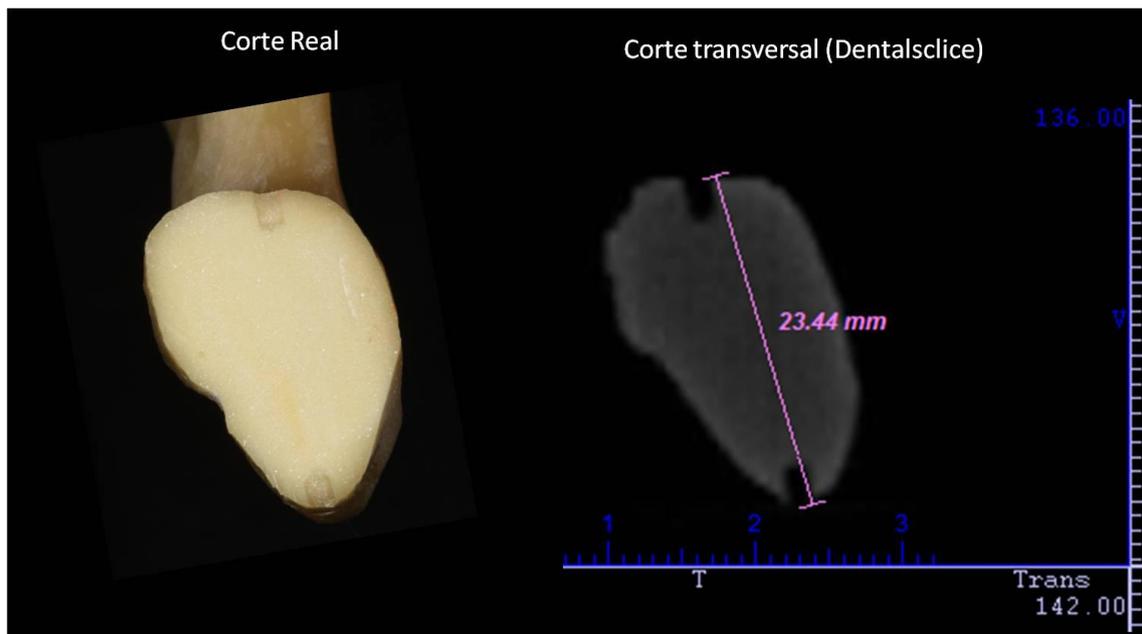


Figura 16: Processo de medição realizado no software Dentalslice®. Fonte: Dados da pesquisa.

O processo de mensuração das distâncias no software Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) seguiu o padrão das medições dos espécimes, isto é, todos os seis locais de medição de cada uma das oito réplicas de mandíbula, totalizando 48 medições. As medições foram executadas pelo mesmo operador e repetidas três vezes num intervalo de sete dias entre cada medição, totalizando 144. O pesquisador no momento das medições estava cego em relação tanto aos resultados reais de cada modelo obtidos previamente, como também, aos resultados virtuais já medidos anteriormente.

Para análise estatística, utilizamos a média de todas as medições realizadas. Para que as três medições realizadas fossem na mesma orientação tomográfica, o número do corte transversal da primeira medição foi utilizado como referência para as medições seguintes (Figura 17).

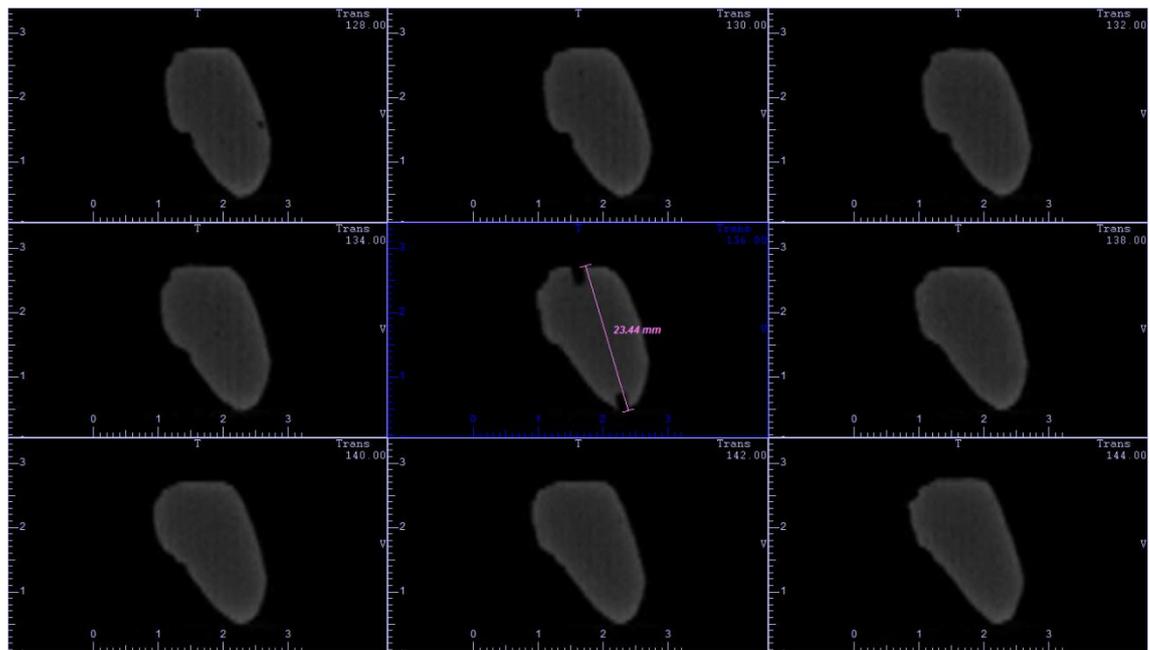


Figura 17: Visualização da medição realizada nos cortes transversais *cross* no programa DentalSlice®. Fonte: Dados da pesquisa.

A mesa de trabalho do programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) é composta com duas janelas de visualização onde uma é a reconstrução tridimensional dos cortes tomográficos e por uma janela com os cortes transversais da tomografia. Foi utilizada a ferramenta de medição disponível no programa para as aferições executadas (Figura 18).

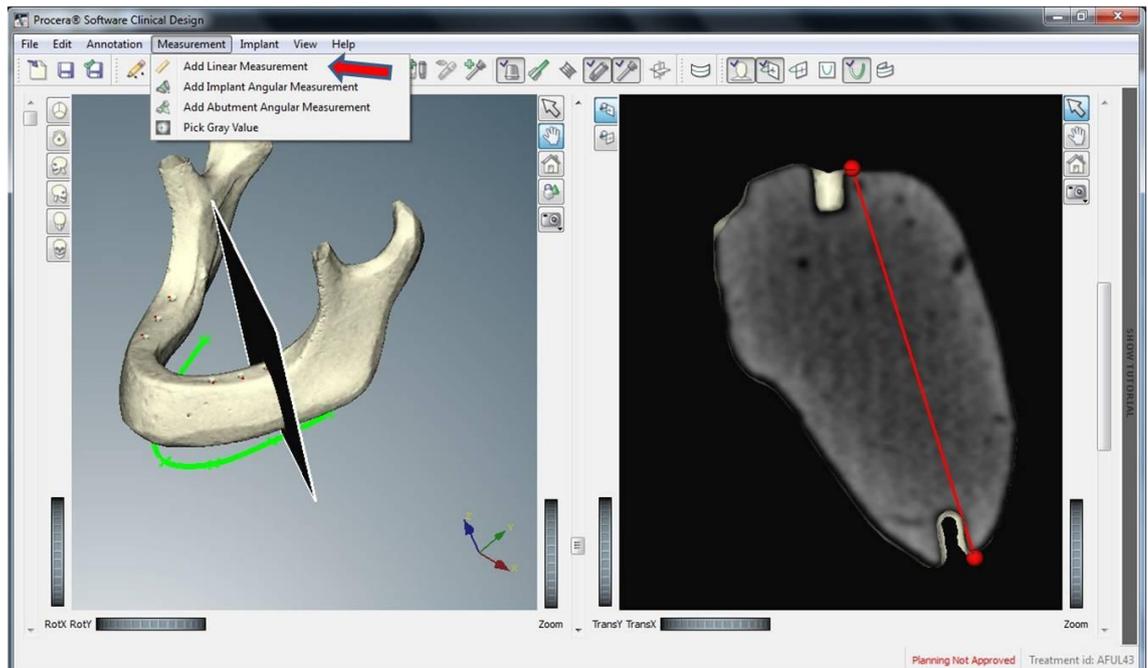


Figura 18: Mesa de trabalho do software Nobelguide® com a indicação do ícone de medição indicado pela seta. Fonte: Dados da pesquisa.

As medições foram realizadas na janela de visualização dos cortes transversais *cross* (Figura 19).

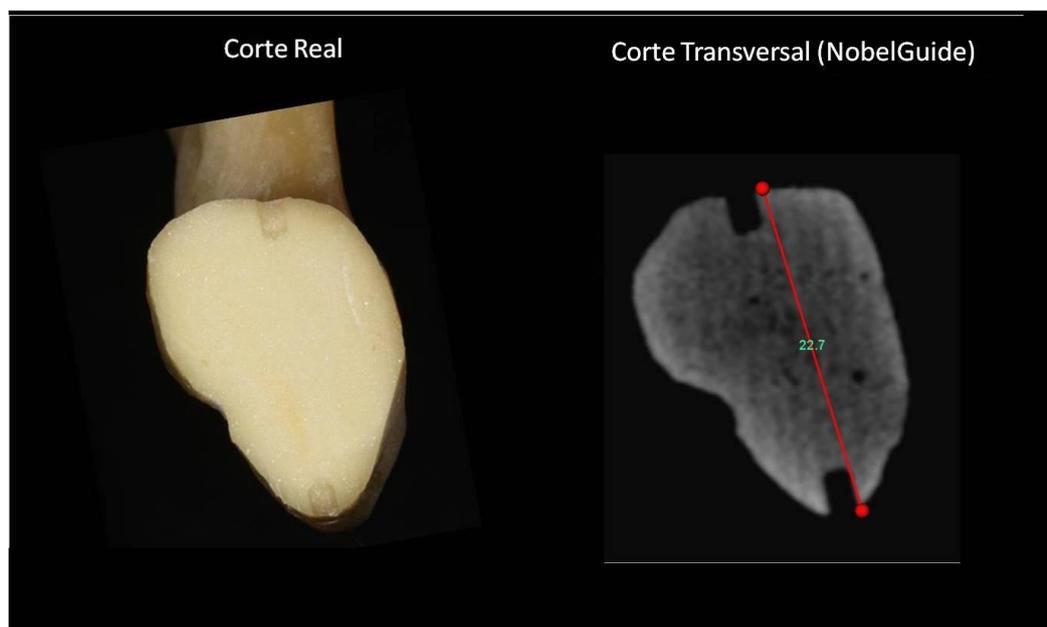


Figura 19: Processo de medição na janela transversal realizado no software Nobelguide®. Fonte: Dados da pesquisa

Em cada uma das oito reconstruções tridimensionais inseridas no programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) foram executadas três medições em cada um dos seis locais de medição definida pelas perfurações, totalizando 18 medições em cada uma das réplicas de mandíbula. As medições foram executadas pelo mesmo operador em três momentos distintos com intervalo de sete dias entre cada medição. O pesquisador no momento das medições não sabia os valores registrados nas medições prévias.

Para que as três medições realizadas em cada ponto fossem realizadas na mesma orientação foi registrado o número do corte transversal na primeira medição para que as outras fossem realizadas no mesmo corte transversal.

Para análise estatística foi realizado uma média entre todas as medições realizadas nas réplicas de mandíbula.

#### 4. Resultados

Os dados obtidos foram analisados através de estatísticas descritivas e pelo teste estatístico *t-student* para dados pareados. Os resultados foram considerados significativos a um nível de significância mínimo de 5% ( $p < 0,05$ ) e o processamento e análises dos dados do estudo foram realizadas com a utilização do programa estatístico SPSS® (*Statistical Package for the Social Science*. Produzido por SSPS® Inc. Chicago.) versão 13,0.

A tabela 1 indica os valores encontrados nas medições do objeto real e nos programas computacionais. Fonte: Dados de pesquisa.

Mandíbula 1	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,31	22,22	22,39	22,31	21,6	22,1	22,4	22,03	21,87	22,85	22,84	22,52
medida 2	22,99	23,13	23,2	23,11	22,9	23,3	23,3	23,17	22,95	23,36	23,54	23,28
medida 3	24,48	24,3	24,28	24,35	24	24,3	24	24,1	24,16	24,74	25,02	24,64
medida 4	24,52	24,59	24,72	24,61	24,2	24,2	24,2	24,2	25,13	25,3	25,39	25,27
medida 5	23,42	23,7	23,81	23,64	23,5	23,6	23,6	23,57	23,34	23,85	23,68	23,62
medida 6	22,91	23,26	23,32	23,16	23	23,2	23,1	23,1	23,36	23,76	23,53	23,55

Mandíbula 2	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	21,87	21,99	22,09	21,98	21,9	21,9	22	21,93	22,31	22,21	22,61	22,38
medida 2	23,04	23,06	23,1	23,07	22,9	23	23	22,97	23,67	23,85	23,37	23,63
medida 3	24,27	24,24	24,27	24,26	24,2	24,2	24,1	24,17	25,37	25,53	25,39	25,43
medida 4	25,32	25,17	25,18	25,22	25	25,1	24,9	25	25,81	26,49	26,03	26,11
medida 5	24,27	24,23	24,12	24,21	23,8	23,7	23,9	23,8	24,57	24,57	24,38	24,51
medida 6	23,31	23,17	23,06	23,18	22,8	22,8	22,9	22,83	23,01	23,1	23,03	23,05

Mandíbula 3	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,91	22,87	22,62	22,8	22,4	22,7	22,7	22,6	23,35	23,14	22,97	23,15
medida 2	23,27	23,35	23,33	23,32	23,3	23,4	23,3	23,33	23,85	23,8	24,04	23,9
medida 3	23,93	24,16	24,17	24,09	24	24,1	24	24,03	24,57	24,69	24,62	24,63
medida 4	24,71	24,71	24,77	24,73	24,4	24,6	24,6	24,53	25,37	25,47	25,57	25,47
medida 5	23,75	23,84	24,04	23,88	23,8	23,7	23,6	23,7	23,91	24,03	24,15	24,03
medida 6	23,26	23,2	23,29	23,25	23	22,7	23,1	22,93	23,83	23,87	23,58	23,76

Mandíbula 4	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,88	23,31	23,26	23,15	22,7	22,9	22,9	22,83	23,99	23,27	23,27	23,51
medida 2	22,94	22,89	22,9	22,91	22,6	22,7	22,6	22,63	23,68	23,37	22,89	23,31
medida 3	24,01	23,87	23,88	23,92	23,5	23,6	23,5	23,53	24,51	24,61	24,56	24,56
medida 4	25,11	25,01	25	25,04	25,1	25,1	25,1	25,1	25,87	26,54	25,96	26,12
medida 5	23,56	23,79	23,95	23,77	23,7	23,7	23,7	23,7	24,28	24,34	24,36	24,33
medida 6	23,29	23,27	23,41	23,32	22,9	23,1	23,1	23,03	23,9	24,13	23,75	23,93

Mandíbula 5	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,49	22,59	22,56	22,55	22	22,1	22,2	22,1	23,18	22,61	22,35	22,71
medida 2	22,87	22,89	22,93	22,9	22,6	22,6	22,6	22,6	23,58	22,85	22,64	23,02
medida 3	24,05	24	23,97	24,01	23,6	23,4	23,5	23,5	24,65	24,49	24,18	24,44
medida 4	25,06	25,06	25,12	25,08	25	24,9	25	24,97	25,63	25,72	25,54	25,63
medida 5	24,29	24,15	24,17	24,2	24,1	23,7	24	23,93	24,22	24,34	24,17	24,24
medida 6	23,01	23,09	23,14	23,08	22,8	22,9	22,9	22,87	23,46	23,02	23	23,16

Mandíbula 6	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,35	22,54	22,61	22,5	22,1	21,8	22	21,97	22,76	22,83	22,67	22,75
medida 2	22,85	22,9	22,82	22,86	22,8	22,6	22,8	22,73	22,81	23,12	22,97	22,97
medida 3	23,96	24,01	24,18	24,05	23,5	23,7	23,6	23,6	24,51	24,83	24,62	24,65
medida 4	25,34	25,38	25,34	25,35	25,2	24,9	25,1	25,07	25,65	25,92	25,86	25,81
medida 5	24,18	24,23	24,26	24,22	23,5	23,5	23,6	23,53	23,97	24,14	23,91	24,01
medida 6	23,41	23,67	23,4	23,49	23	22,8	23	22,93	23,33	23,4	23,35	23,36

Mandíbula 7	REAL(mm)			Média	NOBELGUIDE (mm)			Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,15	22,35	22,38	22,29	22,3	22,1	22,3	22,23	22,43	22,47	22,26	22,39
medida 2	23,02	23,05	23,12	23,06	22,8	23	23,1	22,97	23,86	23,73	23,37	23,65
medida 3	23,99	24,08	24,08	24,05	23,8	23,9	24	23,9	24,18	24,34	24,19	24,24
medida 4	24,76	24,91	24,92	24,86	24,7	24,7	24,8	24,73	25,68	25,92	25,62	25,74
medida 5	22,76	23,77	23,68	23,4	23,6	23,4	23,4	23,47	24,19	24,14	23,93	24,09
medida 6	22,29	23,24	23,09	22,87	22,9	22,7	22,7	22,77	23,05	22,89	22,8	22,91

Mandíbula 8	REAL(mm)				Média	NOBELGUIDE (mm)				Média	DENTALSLICE(mm)			Média
medida 1	22,49	22,79	22,7	22,66	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3	22,7	23,03	22,66	22,8	
medida 2	23,23	23,12	23,12	23,16	22,7	22,9	23,1	22,9	22,9	23,47	23,45	23,28	23,4	
medida 3	23,91	23,62	23,91	23,81	23,5	23,2	23,3	23,33	23,33	24,38	24,58	24,48	24,48	
medida 4	25,26	25,43	25,56	25,42	25,5	25,2	25,3	25,33	25,33	26,27	26,44	26,31	26,34	
medida 5	24,27	24,19	24,31	24,26	24	24,2	24	24,07	24,07	24,4	24,77	24,44	24,54	
medida 6	23,58	23,49	23,44	23,5	23,1	22,9	22,9	22,97	22,97	23,44	23,31	23,15	23,3	

Tabela 1: Valores das medições realizadas nos objetos reais e nos programas computacionais. Fonte: Dados de pesquisa.

Os valores apresentados na análise estatística foram obtidos a partir da média das medições realizadas para cada imagem. (Tabela 2 e Gráfico 1)

Tabela 2: Estatística descritiva (n=48 imagens)

Fonte: Dados de pesquisa.

Imagem	n	Valor (mm)			
		Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
REAL	48	21,98	25,42	23,64	0,86
NOBELGUIDE	48	21,93	25,33	23,41	0,88
DENTALSLICE	48	22,38	26,34	24,03	1,06

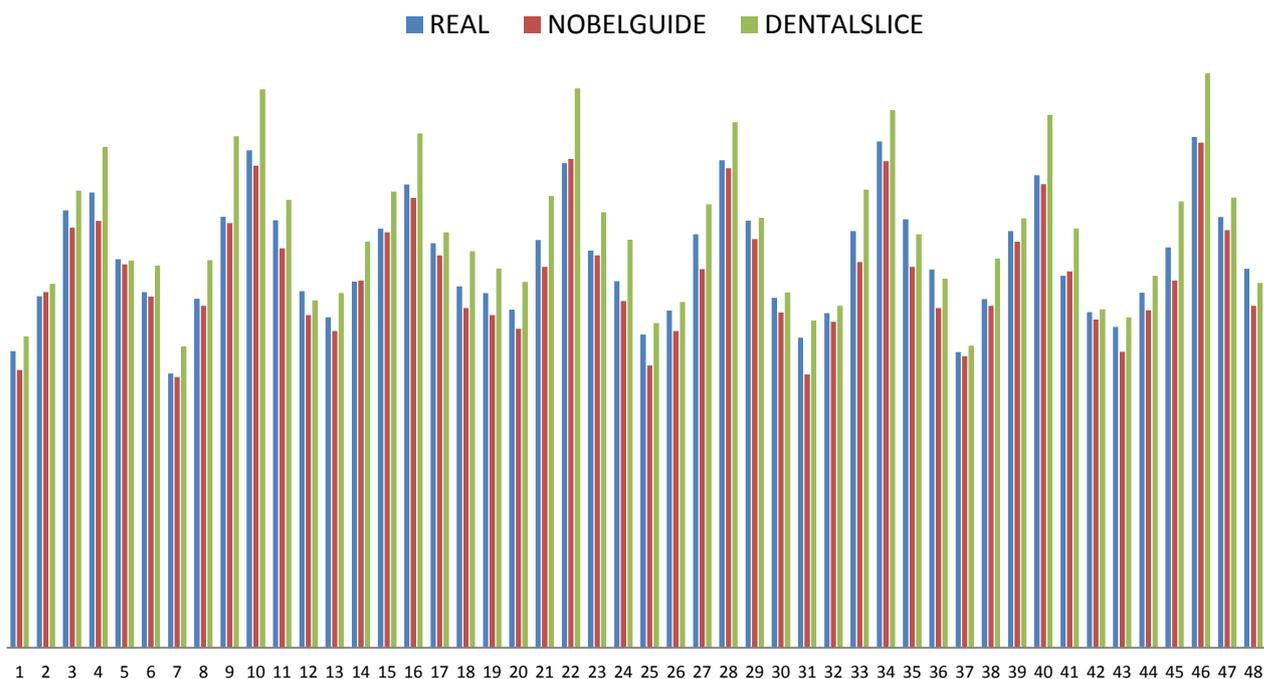


Gráfico 1. Comparação entre as 3 medidas obtidas das 48 imagens analisadas. Fonte: Dados de pesquisa.

A tabela 3 e o gráfico 2 apresentam a comparação com os valores(mm) reais e entre os programas computacionais.

Tabela 3: comparação dos valores reais entre os programas computacionais. Fonte: Dados de pesquisa.

<i>Comparação</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>Diferença Média<sup>1</sup> ***</i>
REAL	23,64	0,86	0,24
NOBELGUIDE	23,41	0,88	
REAL	23,64	0,86	-0,38
DENTALSLICE	24,03	1,06	
NOBELGUIDE	23,41	0,88	-0,62
DENTALSLICE	24,03	1,06	

<sup>1</sup>Diferença Média= média das diferenças valores Real – Software

\*\*\* Diferença significativa  $p \leq 0,01$

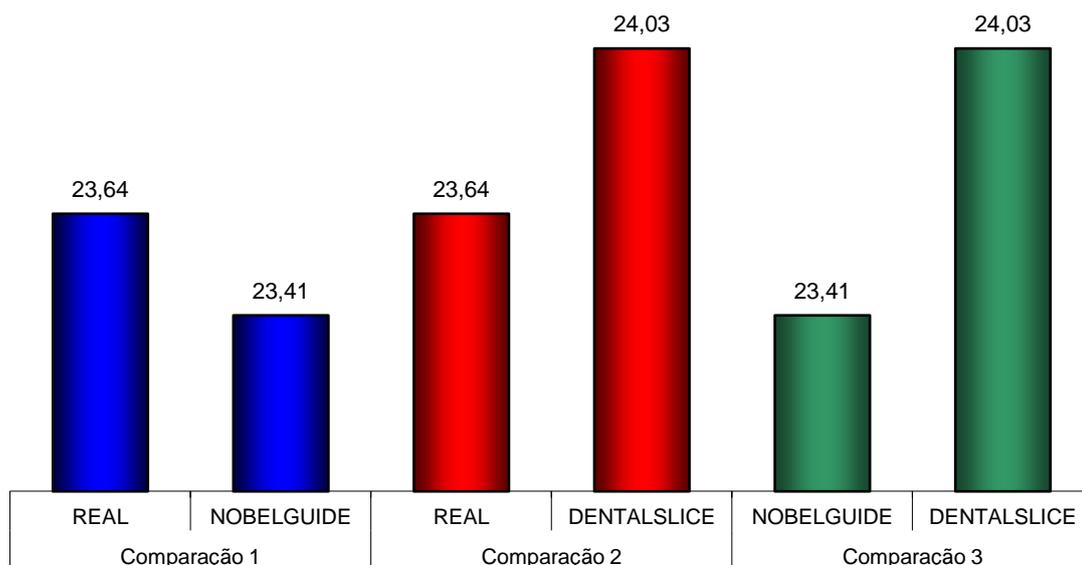


Gráfico 2. Comparação com os valores (em mm) Reais e entre programas computacionais.

Fonte: Dados de pesquisa

Através dos resultados do teste t-student para dados pareados verifica-se que ambos os programas computacionais apresentam diferença significativa de seus valores com os valores REAIS. Observa-se que o programa NOBELGUIDE® apresenta valores significativamente inferiores aos valores reais, enquanto que o programa DENTALSlice® apresenta valores significativamente superiores aos valores REAIS. ( $p=0,000$ ) (Tabela 4 e Gráfico 3)

Tabela 4: Para a comparação entre os programas computacionais entre si observou-se valores significativamente superiores para o programa DENTALSlice ( $p=0,000$ ). Fonte: Dados de pesquisa.

Comparação	Resultado	N	%
NOBELGUIDE - REAL	NOBELGUIDE < REAL	44	91,7
	NOBELGUIDE > REAL	4	8,3
	NOBELGUIDE = REAL	-	-
DENTALSlice - REAL	DENTALSlice < REAL	5	10,4

	DENTALSlice > REAL	43	89,6
	DENTALSlice = REAL	-	-
DENTALSlice - NOBELGUIDE	DENTALSlice < NOBELGUIDE	-	-
	DENTALSlice > NOBELGUIDE	48	100,0
	DENTALSlice = NOBELGUIDE	-	-

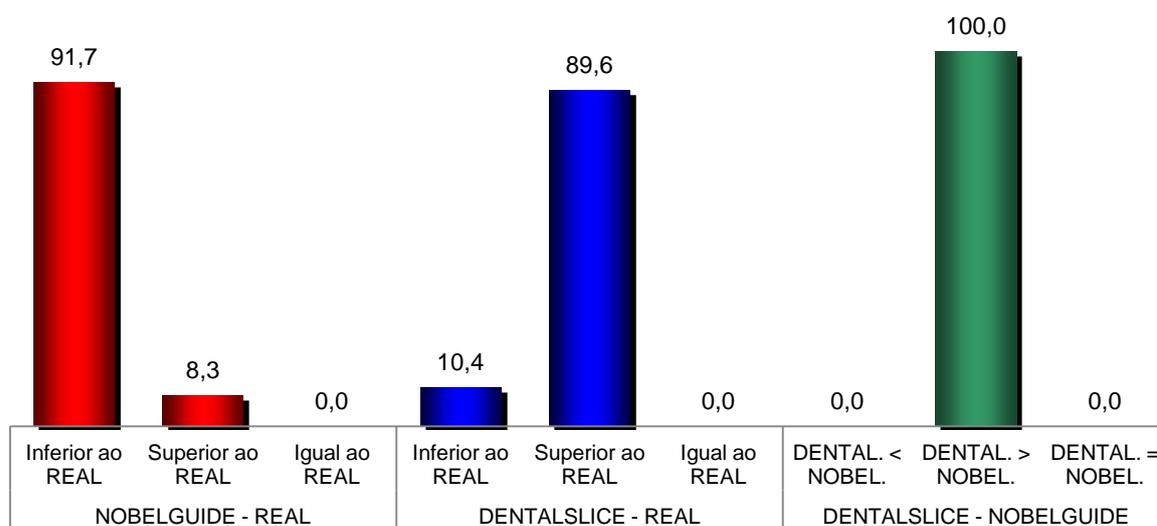


Gráfico 3. Comparação dos objetos reais com os programas computacionais. (n= 48 imagens)

Fonte: Dados de pesquisa

## 5. Discussão

O sucesso do tratamento restaurador envolvendo implantes dentários depende de um correto planejamento. Novos recursos e novas abordagens têm ajudado e aprimorado esta fase preliminar do tratamento. Estudos como este justificam pesquisas que busquem o aperfeiçoamento de técnicas que proporcionem benefícios aos pacientes como o uso de programas computacionais de planejamento para instalação de implantes dentários.

Vários estudos descritos na literatura têm demonstrado o valor das tomografias computadorizadas para o planejamento com implantes dentários. O planejamento pré-operatório pode ser considerado a etapa de maior importância para alcançar o sucesso nas reabilitações com implantes dentários. O uso de tomografias computadorizadas de feixe cônico ou *cone-beam*, como utilizada neste trabalho, tem sido cada vez mais destacados na literatura (GARIB et al. 2007; LOUBELE et al. 2007; SOUMALAIMEN et al.,2008; VEYRE-GOULET et at. 2008; DAMSTRA et al. 2010; GERLACH et al. 2012 , SOARES et al. 2012) . As tomografias de feixe cônico quando comparadas com as tomografias computadorizadas de feixe em leque ou *fan-beam* mostram-se satisfatórias nas reproduções das estruturas anatômicas desejadas (LOUBELE et al. 2007; SOUMALAIMEN et al. 2008).

As imagens digitais são formadas por pequenos pontos, a menor unidade destas, que são pequenos quadrados com medidas laterais idênticas, largura e altura, sendo chamado de pixel. Como a tomografia é um volume tridimensional, um novo plano é adicionado, a profundidade, constituindo então não mais um quadrado e sim um cubo, chamado de voxel. Teoricamente quanto menor o tamanho do voxel, mais nítida tende ser a imagem. Damstra et al. (2010) avaliaram a precisão das imagens

tomográficas realizadas com voxel de tamanhos 0,25mm e 0,40mm. Não detectaram diferenças entre as imagens adquiridas. Nosso estudo utilizou na aquisição das imagens um voxel de tamanho 0,2mm como o utilizado em outros estudos (VAN ASSCHE et al. 2007; VIEGAS 2010; SOARES et al. 2012).

A técnica de cirurgia guiada para instalação de implantes dentários foi descrita por diversos autores na literatura (TARDIEU; VRIELINCK; ESCOLANO, 2003; SARMENT; SUKOVIC; CLINTHORNE, 2003; PAREL; TRIPLETT, 2004; SAMMARTINO et al.,2004; DI GIACOMO et al., 2005; BALSHI; WOLFINGER; BALSHI, 2006a; BALSHI;WOLFINGER; BALSHI, 2006b; SANNA; MOLLY; VAN STEENBERGHE, 2007; VAN ASSCHE et al., 2007; WOITCHUNAS, 2008; VIEGAS et al., 2010; VASAK et al., 2011; SOARES et al., 2012).

O presente estudo utilizou réplicas de mandíbulas humanas confeccionadas em resina epóxi, assim como os estudos (SARMENT, SUKOVIC, CLINTHORNE, 2003; BESIMO, LAMBRECHT e GUINDY, 2002; VIEGAS, 2010; SOARES ,2012). O objetivo do estudo foi analisar a precisão de softwares de planejamento de cirurgias guiadas na reprodução de distâncias lineares através de medições realizadas no campo virtual e no campo real assim como no estudo de LOUBELE et al., 2007; VEYRE-GOULET, FORTIN, THIERRY, 2008; GERLACH et al., 2012).

A maioria dos estudos encontrados na literatura realizaram comparações dos planejamentos virtuais com os resultados executados, isto é, compararam as diferenças encontradas no posicionamento dos implantes executados com os planejamentos virtuais realizados dentro de programas específicos (VAN

STEENBERGHE et al., 2002; VAN ASSCHE et al., 2007; WOITCHUNAS 2008; GILLIOT et al., 2010; VIEGAS, 2010; VASAK et al., 2011; GERLACH et al., 2012; SOARES 2012).

Materiais radiopacos como restaurações metálicas, infraestruturas metálicas de coroas de cerâmica e materiais como guta-percha geram nas imagens tomográficas artefatos que dificultam a visualização da imagem formada. No trabalho de Veyre-Goulet et al. (2008) eles preencheram as perfurações realizadas para serem pontos de referência de mensurações com material radiopaco tipo guta percha. Já Damstra et al. (2010) em seu estudo *in vitro* utilizou como pontos de referência esferas de vidro coladas a estruturas ósseas. O presente estudo utilizou como referências para as mensurações apenas orifícios sem material no seu interior. O fato de não utilizar material de preenchimento nas perfurações não provocou artefatos nas regiões de interesse.

Os estudos sobre a técnica de cirurgia guiada são em sua maioria sobre precisão da técnica. Os parâmetros analisados são as distâncias na região cervical e apical do implante planejado quando comparado aos executados cirurgicamente, e a diferença de angulação formada no longo eixo entre o implante planejado e o executado (GARIB et al., 2007; VAN ASSCHE et al., 2007; LOUBELE et al., 2007; WOITCHUNAS 2008; SOUMALAIMEN et al.,2008; DREISEIDLER et al., 2009; GILLIOT et al., 2010; VIEGAS, 2010; VASAK et al., 2011; SOARES et al., 2012). Diversos fatores influenciam essas diferenças de posicionamento dos implantes. Segundo Widmann e Bale (2006) fatores como confecção do guia tomográfico, aquisição de imagens, confecção do guia cirúrgico, assentamento correto do guia

cirúrgico, resiliência da mucosa e o procedimento cirúrgico em si são fundamentais para o sucesso do procedimento com cirurgia guiada.

O presente estudo comparou mensurações lineares realizadas em réplicas de mandíbulas com as mensurações realizadas no âmbito virtual através de programas de planejamento de cirurgia guiada. Os estudos de Veyre-Goulet et al. (2008) e Gerlach et al. (2012) também realizaram tais comparações, ambos utilizaram maxilas e mandíbulas de cadáveres humanos. O instrumento utilizado em nosso experimento para mensuração das réplicas de mandíbula foi um paquímetro digital Mitutoyo® (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil) o mesmo utilizado no estudo de Veyre-Goulet et al. (2008). No estudo de Gerlach et al. (2012) estas mensurações foram realizadas através de cortes histológicos das estruturas de interesse. As medições virtuais do presente estudo foram realizadas nos softwares Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) e Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), este último também foi utilizado no estudo de Gerlach et al. (2012), já na pesquisa realizada por Veyre-Goulet et al. (2008) utilizou o programa EasyGuide® (Keystone Dental Inc. Burlington, MA, USA).

Os valores encontrados na literatura apontam subestimações das medições virtuais quando comparadas com o objeto físico (LOUBELE et al., 2007; BALLRICK et al., 2008; BAUMGAERTEL et al., 2009; DAMSTRA et al., 2010). Nosso trabalho apresentou mensurações menores no programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) e valores maiores no programa Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) quando comparados com as medições realizadas nas réplicas de mandíbulas. No estudo realizado por Gerlach et al. (2012) os valores encontrados

utilizando o software de planejamento foram maiores que os encontrados nas peças histológicas.

Quando analisados os estudos sobre a precisão da técnica de cirurgia guiada, os posicionamentos encontrados nos implantes instalados apresentam uma diferença quando comparados a seus planejamentos virtuais. Nos estudos de Van Steenberghe et al. (2002) encontraram uma diferença de  $0,8 \pm 0,3$  mm e  $0,9 \pm 0,3$  mm nas regiões cervicais e apicais, respectivamente, entre os implantes planejados e obtidos. Van Assche et al. (2007) em um estudo em mandíbulas humanas encontrou uma variação linear de 1 mm na região mais cervical e de 2 mm na região de ápice dos implantes. Woitcunas (2008) encontrou uma diferença média de 0,74 mm nas regiões mais cervicais. No estudo de Soares et al. (2012) o valor médio encontrado na região apical foi  $1,39 \pm 0,40$  mm e na região coronal o valor médio encontrado foi de  $1,38 \pm 0,42$  mm.

Os autores consideraram que as diferenças encontradas nos posicionamentos dos implantes quando comparados aos seus planejamentos virtuais são clinicamente irrelevantes (LOUBELE et al., 2007; BALLRICK et al., 2008; BAUMGAERTEL et al., 2009; LUND et al., 2009; DAMSTRA et al., 2010).

Jung et al. (2009) em sua revisão sistemática revelaram um erro médio de 0,74 mm no ponto de entrada e de 0,85 mm no ápice dos implantes instalados quando comparados aos planejados virtualmente. Já na revisão realizada por Van Assche et al. (2012) encontraram um desvio médio de 0,99 mm no ponto de entrada e 1,24 mm na região de ápice dos implantes. Van Assche et al. (2012) concluem que a técnica de cirurgia guiada por computador é confiável mas sugere uma margem de segurança de 2 mm nos planejamentos. Ambas as revisões salientam a necessidade

de mais estudos para aperfeiçoar a técnica e encontrar uma visão clara sobre as indicações e benefícios sobre a técnica de cirurgia guiada.

O presente estudo avaliou somente as diferenças lineares encontradas nas medições realizadas no âmbito real quando comparadas ao âmbito virtual, assim como nos trabalhos de Gerlach et al. (2012) e Veyre-Goulet, Fortin e Thierry (2008). As diferenças médias encontradas no estudo foram de 0,24 mm quando utilizamos o programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) e de 0,38 mm quando utilizamos o programa Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) No estudo Veyre-Goulet, Fortin e Thierry (2008) a diferença média encontrada foi de 0,22 mm. Já no estudo Gerlach et al. (2012) utilizando o programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) encontrou uma diferença máxima de 0,33 mm. Os valores encontrados nesta pesquisa ,quando utilizado o programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia), foram menores do que os encontrados nas réplicas de mandíbulas. Este achado contrasta com os valores encontrados no trabalho de Gerlach et al. (2012) que revelou valores maiores nas mensurações realizadas no programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) quando comparadas as mensurações realizadas no âmbito real.

## **6. Conclusão**

A avaliação comparativa de medidas lineares executadas entre as réplicas de mandíbula e os programas de planejamento cirúrgico de implantes dentários demonstrou diferenças estatisticamente significativas. Observou-se que o programa Nobelguide® (Nobelbiocare, Gotemburgo, Suécia) apresentou valores significativamente inferiores aos valores reais medidos nas réplicas de mandíbula, enquanto que o programa Dentalslice® (Bioparts, Brasília, DF, Brasil) apresentou valores significativamente superiores aos encontrados nas mesmas. Tendo em vista os resultados superestimados bem como os subestimados encontrados nas análises realizadas através dos programas computacionais, quando comparados aos modelos reais, sugerem a necessidade de outros estudos no intuito de determinar a exatidão no uso clínico destes programas computacionais.

## 7. Bibliografia

ADELL, R. et al. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *International Journal of Oral Surgery*, Copenhagen, v. 10, n. 6, p.387-416, Dec. 1981.

BALSHI, S.F.; WOLFINGER, G.J.; BALSHI, T.J. Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, Chicago, v. 26, n. 3, p. 239-247, Jun. 2006a.

BALSHI, S.F.; WOLFINGER, G.J.; BALSHI, T.J. 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*, BC Decker, v. 18, n. 6, p. 318-325, 2006b.

BESIMO, C. E.; LAMBRECHT, J. T.; GUINDY, J. S. Accuracy of implant treatment planning utilizing template-guided reformatted computed tomography. *Dentomaxillofacial. Radiology*, Tokyo, v. 29, n. 1, p. 46-51, Jan. 2000.

BRANEMARK, P. I. et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, Stockholm, v. 16, Supl., p. 1-132, 1977.

BALLRICK, J.W. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. New York. V. 134. p 573-582. 2008

BAUMGAERTEL, S. et al. Reliability and accuracy of conebeam computed tomography dental measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. New York. v. 136. P 19-25. 2009.

DAMSTRA, J. et al. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. New York. V.137. n.1, p.16-17, Janeiro. 2010

DI GIACOMO, G.A. et al. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *Journal of Periodontology*, Chicago, v. 76, n. 4, p. 503-507, Apr. 2005.

DREISEIDLER et al. Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clinical Oral Implants Research*. v 20, p 1191-1199, 2009.

JUNG, R. et al. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, v. 24, Supplement, p.92 – 109, 2009.

GARIB, D.G. et al. 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*, Maringá, v. 12, n. 2, Mar-Apr. 2007.

GERLACH, N.L. et al. Accuracy of bone surface size and cortical layer thickness measurements using cone beam computerized tomography. *Clinical Oral Implants Research*. P 1-5, 2012

GILLOT, L. et al. Guided Surgery and Presurgical Prosthesis: Preliminary Results of 33 Fully Edentulous Maxillae Treated in Accordance with the NobelGuide® Protocol. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Volume 12, Supplement 1, 2010.

KLINGE, B; PETERSSON, A.; MALY, P. Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, Lombard, v. 4, n. 4, p 327-332, Winter 1989.

LACROIX, C.G. Exatidão das tomografias computadorizadas na localização do canal mandibular. *Dissertação (Mestrado em prótese dentária)*. Faculdade de Odontologia PUCRS. Porto Alegre, 2000.

LOUBELE, M. et al. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, Lombard, v. 22, n. 3, p. 446-454, May-Jun. 2007.

LUND, H. et al., Accuracy and precision of linear measurements in cone beam computed tomography. *Accutomo tomograms obtained with different reconstruction techniques*. *Dentomaxillofacial Radiology*, v.38, p.379-386.

PAREL, S.M.; TRIPLETT, R.G. Interactive imaging for implant planning, placement, and prosthesis construction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Philadelphia, v. 62, n. 9 suppl 2, p. 41-47, Sep. 2004.

SANNA, A.M.; MOLLY, L.; VAN STEENBERGHE, 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*, St.Louis, v. 97, n. 6, p. 331-339, Jun. 2007.

SAMMARTINO, G. et al. Stereolithography in oral implantology: a comparison of surgical guides. *Implant Dentistry, Baltimore* v. 13, n. 2, p. 133-139, Jun. 2004.

SARMENT, D. P.; SUKOVIC, P.; CLINTHORNE, N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, Lombard*, v. 18, n. 4, p. 571-577, July/Ago. 2003.

SCARFE, W. C.; FARMAN, A. G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal of the Canadian Dental Association, Ottawa*, v. 72, n. 1, p. 75-80, Feb. 2006.

SUOMALAINEN, A. et al. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology, Houndsmills*, v. 37, n. 1, p. 10-17, Jan. 2008.

TARDIEU, P. B.; VRIELINCK, L.; ESCOLANO, E. Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, Lombard*, v. 18, n. 4, p. 599-604, Jul-Aug. 2003.

VAN ASSCHE, N. et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *Journal of Clinical Periodontology, Copenhagen*, v. 34, n. 9, p. 816-821, Sep. 2007.

VAN STEENBERGHE, D. et al. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, Lombard*, v. 17, n. 5, p. 663-670, Sep-Oct. 2002.

VASAK, C. et al. Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuidet)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clinical Oral Implants Research*. V.22, p1157-1163. 2011.

VEYRE-GOULET, S.V. et al. Accuracy of Linear Measurement Provided by Cone Beam Computed Tomography to Assess Bone Quantity in the Posterior Maxilla: A Human Cadaver Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v.10 , n. 4, p 296 -230. 2008.

VIEGAS et al. Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery. *Clinical Oral Implants Research*, v.21, n.3, p. 290 – 295, Mar. 2010.

WIDMANN, G.; BALE, R. Accuracy in Computer-Aided Implant Surgery – A Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, v.21, p.305-313.2006

WOITCHUNAS, G.F.P. 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, 2008.

## **8. Anexos**



*Comissão Científica e de Ética  
Faculdade da Odontologia da PUCRS*

**Porto Alegre 19 de Outubro de 2011**

**O Projeto de: Dissertação**

**Protocolado sob n°:** 0054/11  
**Intitulado:** Análise da exatidão de programas computacionais no planejamento pré-operatório em Implantodontia.  
**Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Eduardo Rolim Teixeira  
**Pesquisadores Associados:** Luiz Gustavo Fleck Heck Britto  
**Nível:** Dissertação / Mestrado

Foi **aprovado** pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em *19 de Outubro de 2011*.

**Profa. Dra. Ana Maria Spohr**  
Presidente da Comissão Científica e de Ética da  
Faculdade de Odontologia da PUCRS

