

Trabalho de Conclusão de Curso

**Protocolo da obtenção e fusão de
dados para o planejamento virtual
em cirurgia ortognática baseado na
literatura**

Marcos Eduardo Garlet Cadó



**Universidade Federal de Santa
Catarina
Curso de Graduação em
Odontologia**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

Marcos Eduardo Garlet Cadó

**PROTOCOLO DA OBTENÇÃO E FUSÃO DE
DADOS PARA O PLANEJAMENTO VIRTUAL EM
CIRURGIA ORTOGNÁTICA BASEADO NA
LITERATURA**

Trabalho apresentado à
Universidade Federal de
Santa Catarina, como
requisito para a
conclusão do Curso de
Graduação em
Odontologia
Orientador: Prof. Dr.
José Nazareno Gil

Florianópolis

2018

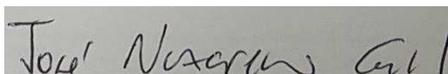
Marcos Eduardo Garlet Cadó

**PROTOCOLO DA OBTENÇÃO E FUSÃO DE
DADOS PARA O PLANEJAMENTO VIRTUAL EM
CIRURGIA ORTOGNÁTICA BASEADO NA
LITERATURA**

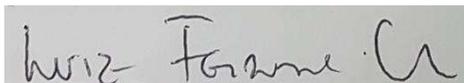
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de maio de 2018.

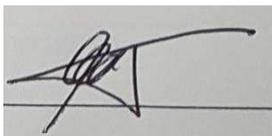
Banca Examinadora:



Prof., Dr. José Nazareno Gil,
Orientador
Universidade UFSC



Prof., Dr. Luiz Fernando Gil,
Universidade UFSC



Prof., Me. Humberto Cherem,
Universidade UFSC

Dedico este meu trabalho para minha querida e amada avó, Áurea Maria Kraemer (*in memoriam*), que sempre esteve ao meu lado, não importando as circunstâncias, se doando inteiramente para que eu pudesse ser feliz e conquistar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Certamente chegar até este momento de minha vida foi necessário muito esforço e dedicação. Mas algumas pessoas me ajudaram, e inspiraram, fazendo com que este percurso fosse mais suave.

Minha linda esposa Stephanie, que é meu grande amor. Me deu forças para continuar nos momentos difíceis, sendo meu porto seguro, e alegrando minha vida. Você é tudo o que sempre quis. Sou afortunado de ter-te ao meu lado.

À minha mãe Susana por abdicar de seus sonhos para me criar, como mãe solteira, sempre ao meu lado e me conduzindo para o caminho correto na vida. Serei para sempre grato pelo seu amor abundante, meu exemplo de garra.

Ao meu “tio” Gustavo, pessoa que marcou minha vida para sempre. Sou grato por sua imensa demonstração de amor, e paternidade para com minha vida. Posso dizer que os melhores anos de minha vida foram enquanto moramos sob o mesmo teto, ajudando-me a preencher um vazio interno do meu coração.

Às minhas tias Silvana e Sandra por estarem sempre ao meu lado, torcendo para meu sucesso, incentivando-me para que tudo aquilo que eu almejava, algum dia se tornasse realidade. Amo vocês!

Ao tio Peter e Ricardo, exemplo de pessoas servindo de referências para mim. Obrigado por cada gesto em minha vida. Espero poder retribuir uma porção do que fizeram.

Ao Jacob e Ulla por me “adotarem” em sua linda família. Realmente me tratam como mais um filho. Saibam que cuidarei de sua filha, da melhor forma possível.

Aos meus grandes amigos Douglas, Humberto e André que proporcionaram, durante a infância e ainda hoje, uma amizade verdadeira.

Ao Thales, minha dupla durante a graduação, por seu companheirismo diário e grande amigo. Ao Ângelo pelos

grandes momentos compartilhados durante todos esses cinco anos.

E aos meus grandes exemplos durante a graduação, professores Sylvio Monteiro e José Nazareno, exemplos de profissionais e detentores de vasto conhecimento.

Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.

(Albert Einstein)

RESUMO

Objetivos: O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura do planejamento virtual em cirurgia ortognática, bem como produzir protocolos para a obtenção dos dados necessários para construir o paciente virtual.

Desenvolvimento: Através da revisão de literatura pesquisou-se os métodos de aquisição e fusão de dados para construção do paciente virtual em cirurgia ortognática. Para adquirir-se as imagens digitais do tecido mole e ósseo as técnicas TCCB e a TEMS são encontradas na literatura, bem como para obter-se a posição natural da cabeça (PNC) o dispositivo de orientação digital, estereofotogrametria, marcações com alinhamento a laser e algoritmo POSIT são relatadas. Já para possuir uma imagem digital precisa da superfícies dentárias o scanner intraoral, escaneamento a laser, e pela TCCB, do modelo do paciente são discutidas. Após a aquisição dessas imagens o pareamento das mesmas é necessário. Para unir as imagens da superfície dental com os dentes da TCCB, o método de pareamento por pontos e/ou superfícies, e tipo voxel-voxel foram descritas.

Resultados: O primeiro protocolo (PT1) proposto foi desenvolvido com base na melhor precisão comprovada pela literatura, obtendo as imagens digitais do tecido ósseo e mole, pela TCCB, das superfícies dentárias através do escaneamento a laser do modelo do paciente, e a posição natural da cabeça pelo método da estereofotogrametria. Já o segundo protocolo (PT2), foi fundamentado em praticidade para dia-a-dia clínico do cirurgião bucomaxilofacial, e assim como o PT1 utilizou-se a TCCB. Todavia para se obter as imagens das superfícies dentárias o escaneamento do modelo de gesso pela TCCB foi indicado, já para se obter a posição natural da cabeça guias radiopacos utilizados durante a tomada tomográfica, foram preconizados.

Conclusões: Com este trabalho conclui-se que os protocolos criados para obtenção dos dados necessários para construir o paciente virtual, e consequente planejamento

virtual em cirurgia ortognática, são capazes de fornecer resultados precisos, condizentes com a literatura.

Palavras-chave: cirurgia ortognática, planejamento virtual, paciente virtual, protocolo.

ABSTRACT

Objectives: The objective of this work is to perform a literature review of virtual planning in orthognathic surgery, as well as to produce protocols to obtain the necessary data to build the virtual patient.

Development: Through the literature review we investigated the methods of data acquisition and fusion for the construction of the virtual patient in orthognathic surgery. In order to acquire the digital images of the soft tissue and bone, the techniques TCCB and TEMS are found in the literature, as well as to obtain the natural head position (PNC) the device of digital orientation, stereophotogrammetry, markings with laser alignment and POSIT algorithm are reported. Already to possess a precise digital image of the dental surfaces the intraoral scanner, laser scanning, and by the TCCB of the patient model are discussed. After the acquisition of these images the pairing of these images is necessary. To join the dental surface images with the teeth of the TCCB, the method of matching by points and/or surfaces, and type voxel-voxel were described.

Results: The first protocol (PT1) proposed was developed based on the best accuracy in the literature, obtaining the digital images of the bone and soft tissue by the TCCB of the dental surfaces through the laser scanning of the patient model, and the natural position by the stereofotogrammetry method. The second protocol (PT2) was based on practicality for the day-to-day clinical of the

bucomaxillofacial surgeon, and just like PT1, CBT was used. However, in order to obtain the images of dental surfaces, the scanning of the gypsum model by TCCB was indicated, since to obtain the natural position of the head radiopaque guides used during the tomographic capture, were recommended.

Conclusions: With this work we conclude that the protocols created to obtain the data necessary to build the virtual patient, and consequent virtual planning in orthognathic surgery, are able to provide accurate results, consistent with the literature.

Keywords: orthognathic surgery, virtual planning, virtual patient, protocol.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Montagem dos modelos de estudo em articulador semi-ajustável para realizar o planejamento convencional.
- Figura 2 - Planejamento cirúrgico virtual.
- Figura 3 - Guia cirúrgico impresso em sistema CAD / CAM.
- Figura 4 - Comparação de imagens: pré e pós-operatórias.
- Figura 5 - JIG e registro em cera da RC.
- Figura 6 - Exemplo da PNC.
- Figura 7 - Giroscópio (SOD).
- Figura 8 - União de imagens utilizando as marcas fiduciárias e o SOD.
- Figura 9 - Nivelamento a laser do quadro de referência e workflow da EFG.
- Figura 10 - Nivelamento a laser da cabeça do paciente.
- Figura 11 - Imagem digital da TCCB após utilizar esferas de vidro.
- Figura 12 - Nivelamento a laser e imagem radiopaca após TCCB.
- Figura 13 - Modelo de crânio sobre plataforma de acrílico e conjunto de orientações.
- Figura 14 - Imagem tomográfica pelo método POSIT.
- Figura 15 - Imagem digital das superfícies oclusais.
- Figura 16 - Scanner intraoral.
- Figura 17 - Modelo digital após o escaneamento intraoral.
- Figura 18 - Crânio (referência), modelo digital e prototipado (modelo 3D).
- Figura 19 - Processo de renderização do escaneamento a laser.
- Figura 20 - Escaneamento a laser da mandíbula.
- Figura 21 - Posicionamento do modelo para realizar a TCCB.
- Figura 22 - Imagem digital do modelo após a TCCB.
- Figura 23 - Detalhe da morfologia dos dentes antes e depois do pareamento das imagens digitais.

Figura 24 - Pareamento por pontos e superfícies.

Figura 25 - Pareamento voxel-voxel.

Figura 26 - Uniões das imagens para o pareamento tipo voxel-voxel.

Figura 27 - Resultado final do pareamento voxel-voxel.

Figura 28 - Protocolo 1 (precisão).

Figura 29 - Protocolo 2 (dia-a-dia clínico).

Figura 30 - Resultado final após todos os pareamentos necessários.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO - Cirurgia ortognática.

ATM - Articulação temporomandibular.

PRO - Pré-operatório.

PC - Planejamento convencional.

P2D - Planejamento 2D.

TCCB - Tomografia computadorizada cone-beam.

PV - Planejamento virtual.

TEMS - Tomografia espiral multi-slice.

RC - Relação cêntrica.

PNC - Posição natural da cabeça.

SOD - Sensor de orientação digital.

EFG - Estereofotogrametria .

POSIT - Pose from orthography and scaling with iterations.

SIO - Scanner intraoral.

VL - Verificação a laser.

PT1 - Primeiro protocolo (melhor precisão).

PT2 - Segundo protocolo (praticidade, dia-a-dia).

SUMÁRIO

□	
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVO.....	06
2.1 Objetivo geral.....	06
2.2 Objetivos específicos.....	06
3. DESENVOLVIMENTO.....	07
3.1 Aquisição da imagem digital do tecido ósseo e tecido mole.....	07
3.1.1 Posicionamento do paciente durante a tomada tomográfica.....	08
3.1.1.1 Relação cêntrica.....	09
3.1.1.2 Posição natural da Cabeça (PNC).....	10
3.2 Aquisição da imagem digital dos dentes.....	20
3.2.1 Scanner intra-oral (SIO).....	21
3.2.2 Scanner a laser.....	24
3.2.3 Escaneamento por TCCB.....	26
3.3 Pareamento das imagens digitais dos dentes.....	28
3.3.1 Pareamento por pontos e superfícies.....	28
3.3.2 Pareamento tipo voxel-voxel.....	30
4. RESULTADOS.....	34
4.1 Elaboração dos protocolos.....	34
5. DISCUSSÃO.....	38
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO 1 – Ata de apresentação.....	51

1 INTRODUÇÃO

A cirurgia ortognática (CO), em muitos casos, é uma parte do tratamento proposto para pacientes que apresentam deformidades dentofaciais. Esta cirurgia necessita de um planejamento pré-operatório, analisando as características da dentição, estrutura óssea da maxila e mandíbula, forma e função da articulação temporomandibular (ATM) e análise facial, para então concluir qual o melhor tipo de cirurgia para o paciente. Esta etapa tem como objetivo obter a melhor combinação entre a função mastigatória e o perfil facial, prevendo o resultado estético para o paciente, bem como trazer um aumento na fidelidade da cirurgia a ser realizada ([Bengtsson et al. 2017](#)). O sucesso da CO não depende somente do ato cirúrgico, mas também da precisão do planejamento cirúrgico ([Ritto et al. 2018](#)). Em suma, o foco da CO é melhorar a função, promover uma melhora na estética facial e dental do paciente ([Bell et al. 1985](#)).

O planejamento em CO durante mais de 50 anos foi, e ainda é, realizado através da cirurgia de modelos montados em articuladores semi-ajustáveis, gerando um guia cirúrgico (feito de resina acrílica), que copia a relação maxilo-mandibular quando somente um dos maxilares é operado (Figura 1). Este tipo de planejamento obtém bons resultados, no entanto, têm grandes limitações, principalmente no planejamento de casos complexos de deformidades do complexo dentofacial ([Ritto et al. 2018](#)).

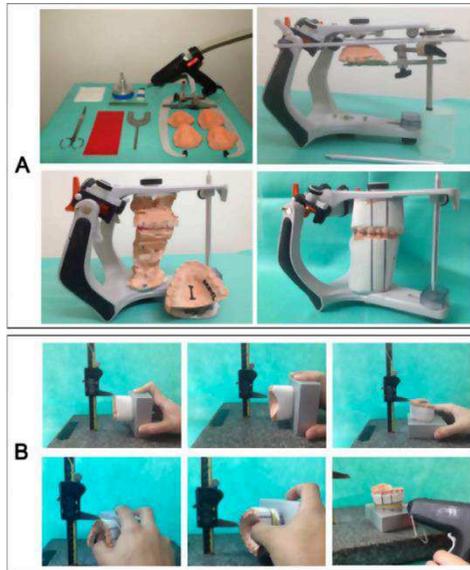


Figura 1 – Montagem dos modelos de estudo em articulador semi-ajustável.

Fonte - ([Ritto et al. 2018](#)).

Com o passar dos anos, a evolução da tecnologia permitiu o aparecimento da tomografia computadorizada cone-beam (TCCB), scanners intraorais e de modelos, que possibilitaram a criação de ferramentas digitais capazes de reproduzir o paciente virtualmente (Figura 2). Com isso, pode-se realizar o planejamento da CO virtualmente, obtendo informações até antes não atingidas pelo planejamento convencional, como também prever o perfil do paciente após a cirurgia ([Aboul-Hosn Centenero et al. 2012](#)). Estes softwares também são capazes de gerar um guia cirúrgico para impressão em 3D via sistema CAD / CAM ([Gaber et al. 2017](#)), baseado na nova orientação oclusal obtida pelo planejamento da CO (Figura 3). O guia cirúrgico é capaz de transferir a posição intermediária e/ou final dos maxilares obtidas pelo PV.

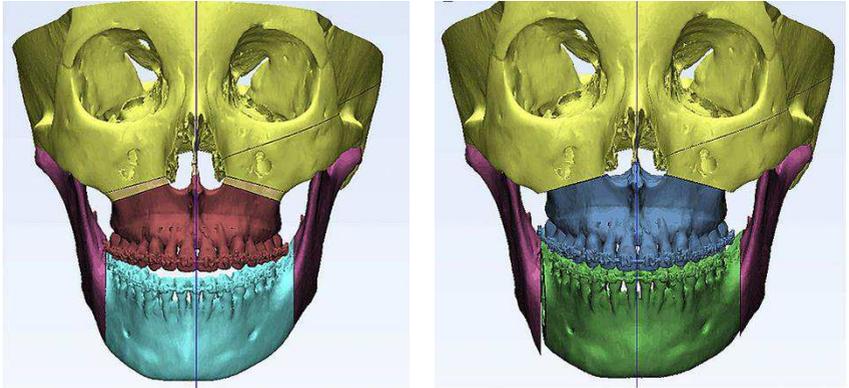


Figura 2 - CO planejada virtualmente. A: paciente virtual sem nenhum tipo de osteotomia; B: Cirurgia já planejada após as osteotomias necessárias.

Fonte - ([Zhang et al. 2016](#)).

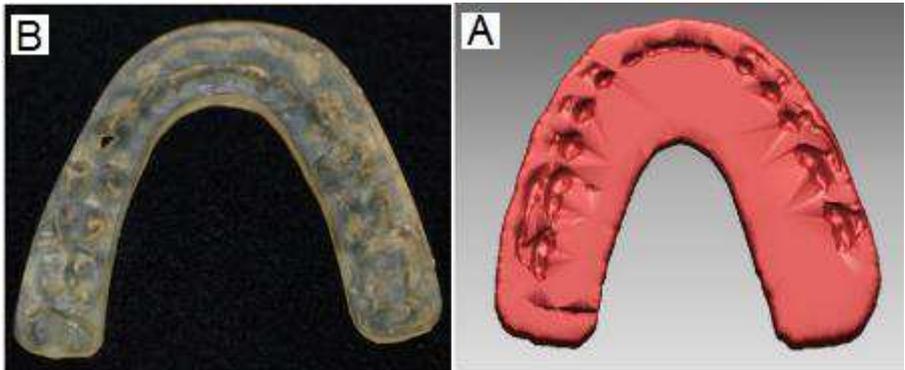


Figura 3 - Guia cirúrgico gerado pelo planejamento virtual (A) que será impresso em sistema CAD / CAM (B).

Fonte - ([Kim et al. 2011](#)).

Já que há a opção de realizar a cirurgia ortognática de duas maneiras diferentes, qual os prós e contras de cada uma? O planejamento realizado sobre modelos de gesso montados em articuladores apresenta grandes limitações, principalmente em planejamentos com pacientes com

deformidades dentofaciais complexas ([Tucker et al. 2010](#)) e ([Xia et al. 2009](#)). Um acúmulo de erros durante os passos, da obtenção do modelo de gesso, montagem em articulador semi-ajustável e a confecção do guia cirúrgico em resina acrílica, pode levar a significativa imprecisão ([Ritto et al. 2018](#)). Além disso, em diferentes etapas desse planejamento, traçado cefalométrico e a cirurgia no modelo, os erros somados podem levar a uma alteração na projeção da maxila em 15% ([Xia et al. 2009](#)) e ([Barbenel et al. 2010](#)).

O planejamento virtual elimina muitas etapas laboratoriais, se comparado a cirurgia em modelos, eliminando os erros possíveis de cada etapa anteriormente relatados. Também não há a necessidade de realizar a predição manualmente, através do traçado cefalométrico, e nem de obter a relação do crânio e plano oclusal com o arco facial ([Kwon et al. 2014](#)). O avanço da tecnologia trouxe um novo horizonte para o diagnóstico e planejamento das deformidades dentofaciais, pois é possível através do PV mover o osso após a osteotomia e avaliar a modificação instantânea no tecido mole.

Logo, fica claro que o planejamento virtual (PV) tem muitas vantagens. Porém, durante anos, pesquisadores analisaram se o planejamento virtual tridimensional era ou não preciso ([Shafi et al. 2013](#)), ([De Riu et al. 2018](#)), ([Ullah et al. 2015](#)), comparando o resultado encontrado após a cirurgia com a predição dada pelo software digital. Obviamente as simulações dadas pelos programas de planejamento virtual não foram 100% efetivas (Figura 4). Então começou-se a discussão para identificar quais foram os possíveis fatores que causaram essa diferença entre o planejado e real ([Ullah et al. 2015](#); [Zhang et al. 2016](#)).

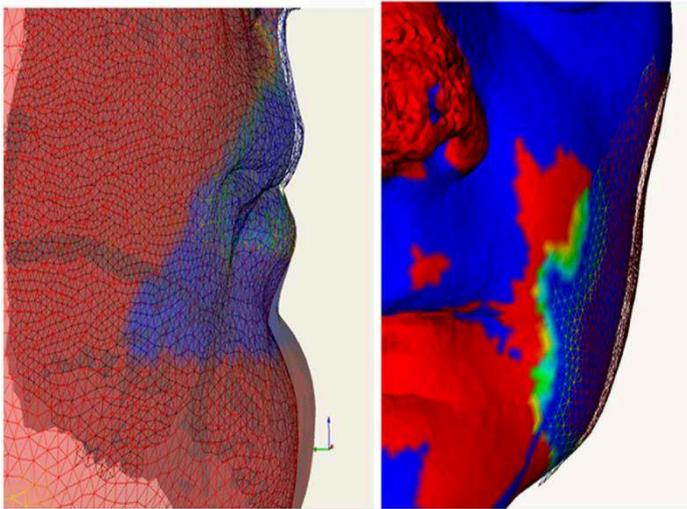


Figura 4 - Comparação de imagens, entre o planejado e pós-operatório.

Fonte - ([Mundluru et al. 2017](#)).

Podemos dividir, basicamente, o PV em quatro etapas: 1- obtenção de dados para construir o paciente virtual, 2- construção do paciente virtual, 3- planejamento da cirurgia e 4- confecção do guia cirúrgico. Para a primeira etapa, os dados necessários serão a imagem digital do tecido ósseo e mole, bem como a imagem digital dos dentes. Pode-se adquirir estes dados através de diferentes métodos, influenciando diretamente na imagem final adquirida das estruturas em questão. Logo, esta possível variação no resultado dos dados coletados para o PV em CO, bem como a fusão destas imagens no software digital, pode gerar um paciente virtual não condizente com o real e, com isso, realizar um planejamento cirúrgico que terá um resultado não preciso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura acerca do planejamento virtual em cirurgia ortognática, bem como produzir protocolos para a obtenção dos dados necessários para construir o paciente virtual.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar quais métodos, listados na literatura, são mais precisos na obtenção das imagens digitais do tecido mole, tecido ósseo, superfícies oclusais, como também a forma mais precisa de se registrar a posição natural da cabeça e a união destas imagens no software do planejamento virtual em cirurgia ortognática.

Feito isso, desenvolver protocolos focados na precisão de cada etapa da obtenção dos dados, e na praticidade para o dia-a-dia clínico.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Aquisição da imagem digital do tecido ósseo e tecido mole.

Como discutido anteriormente, para o planejamento virtual da cirurgia ortognática devemos ter uma tríade de imagens digitais. Estas imagens são: tecido ósseo, dentes e perfil do tecido mole. Para adquirir-se a imagem digital do tecido ósseo e, conseqüentemente, do tecido mole, a tomografia computadorizada cone-beam (TCCB) e a tomografia espiral multi-slice (TEMS) são as alternativas mais indicadas ([Plooij et al. 2011](#)).

A TEMS ([Hounsfield 1973](#)) usa feixes de raio-x em forma de leque para coletar múltiplos finos cortes. Assim, obtém-se uma ótima qualidade de imagem principalmente do tecido ósseo do paciente, contudo, altas doses de radiação são utilizadas. Este fato gera um significativo número de artefatos na imagem final, principalmente quando o paciente tem restaurações metálicas nos dentes e braquetes do aparelho ortodôntico. Isso ocorre devido à densidade do metal ter um valor fora do extensão compreendida pelo software da TEMS ([Barrett and Keat 2004](#)). Outra desvantagem dessa técnica, principalmente quando se considera seu uso para o planejamento virtual em cirurgia ortognática, é a realização da tomada tomográfica em supino. Com isso, a posição do tecido mole é modificada para uma não habitual, resultando em uma imagem não condizente com a posição natural dos tecidos moles da face ([Plooij et al. 2011](#)). Sabe-se que a orientação do tecido mole do paciente é essencial para realizar a previsão do resultado final (no software). Sendo assim, esta discrepância acarreta em um planejamento incoerente, com um resultado predicto errôneo ([Mollema et al. 2007](#)).

A TCCB utiliza um feixe de raio-x em forma de cone e um grande detector 2D para capturar os feixes cônicos da tomografia. Este detector 2D é capaz de registrar uma grande área de imagem em apenas uma ou duas voltas (cerca

de 20 a 40 segundos). Este fato faz com que seja necessária uma menor quantidade de radiação, o que resulta em um menor número de artefatos gerados nas superfícies oclusais e tecido mole.

Em comparação à TEMS, a TCCB tem algumas desvantagens, sendo a resolução a mais relevante para o planejamento virtual (devido a menor quantidade de radiação utilizada na tomada tomográfica) ([Vannier 2003](#)). Porém a TCCB exhibe vantagens, como uma menor necessidade de radiação durante a tomada tomográfica, menor custo, bem como a realização do exame em posição sentada. Esta última característica é importante, pois diferentemente da TEMS, a imagem gerada do tecido mole será com o paciente em uma posição mais habitual e com melhor orientação dos tecidos moles da face. Mesmo que a TCCB apresente menor resolução quando comparada à TEMS, [Plooij et al. 2011](#) relata que a mesma fornece uma ótima qualidade de imagem, principalmente do tecido ósseo do crânio, capaz de trazer as informações necessárias para realizar o planejamento virtual da cirurgia ortognática.

Logo, levando-se em consideração o menor custo, dose de radiação e manutenção da posição do tecido mole durante a tomada tomográfica, considera-se que a TCCB é capaz de nos fornecer uma fração das informações necessárias para o planejamento virtual. ([Plooij et al. 2011](#)) e ([Swennen and Schutyser 2006](#)).

3.1.1 Posicionamento do paciente durante a tomada tomográfica.

Para que se obtenha corretamente estas informações alguns cuidados durante a tomografia devem ser empregados. Dentre estes, destacam-se a importância para que o paciente esteja em relação cêntrica (RC) ([Sun et al. 2013](#)), ([Sun et al. 2013](#); [Hsu et al. 2013](#)), ([Ritto et al. 2018](#)) e ([Ritto et al. 2018](#); [Hsu et al. 2013](#)) como também o registro da posição natural da cabeça (PNC) ([Kim et al. 2014](#)), ([Weber et al. 2013](#)), ([Xia et al. 2011](#)) e ([Leung et al. 2016](#)).

3.1.1.1 Relação cêntrica

A RC é uma posição reproduzível, imutável e independente de dente ([Cardoso 2003](#)). Estas características são relevantes durante o ato cirúrgico, já que após a anestesia geral a musculatura do paciente relaxa, tirando-o da máxima intercuspidação habitual, passando a relação cêntrica a ser a relação obtida. Logo, se a RC é reproduzível durante o ato cirúrgico, é necessário que o planejamento virtual da cirurgia ortognática se faça também nesta posição. Desse modo, durante a tomada tomográfica o paciente deve estar e permanecer em RC.

Em suma, o objetivo da RC na obtenção dos dados necessários para realizar o planejamento virtual é manter uma exata relação entre os elementos dentários da maxila e da mandíbula durante a tomografia (TCCB), obtendo um modelo virtual com correta relação maxilo-mandibular, garantindo a realização um correto planejamento virtual ([Hsu et al. 2013](#)).

Para tal a literatura relata dois métodos principais para se registrar e manter a RC durante a tomografia, sendo eles o JIG e o guia de mordida em cera (Figura 5) ([Kim et al. 2014](#)), ([Leung et al. 2016](#)), ([Bobek et al. 2015](#)) e ([Kim et al. 2011](#)). Ambos são capazes de fornecerem a RC durante a tomada radiográfica, contudo, [Bobek et al. 2015](#) relatam que o JIG causa uma alteração na posição do lábio superior modificando, assim, a imagem durante a TCCB. Apesar de sua simplicidade, o guia de mordida em cera é capaz de registrar a RC e transmiti-la durante a tomografia sem alterar a orientação dos tecidos moles periorais ([Bobek et al. 2015](#)). O cuidado que se deve tomar é certificar-se de que a superfície oclusal está corretamente posicionada no guia em cera (bem como em qualquer método implementado para a obtenção da RC), uma vez que a cera é um material maleável e uma nova marcação pode ocorrer, modificando o guia. Uma opção para contornar as desvantagens da cera é registrar a RC com um material mais rígido, como silicone

de condensação ou adição, que seja capaz de obter o registro fiel da superfície oclusal. Em suma, o importante é obter um método que seja capaz de registrar e reproduzir a RC sem alterar a sustentação dos tecidos moles periorais.

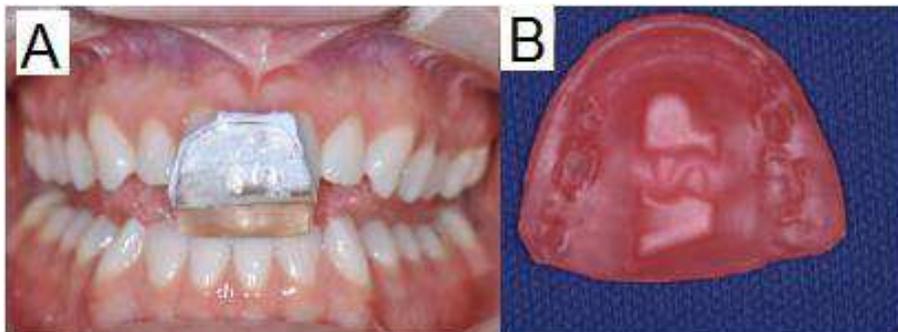


Figura 5 - JIG (A) e guia de mordida em cera (B).
Fonte - [\(Bobek et al. 2015\)](#).

3.1.1.2 Posição natural da Cabeça

O primeiro relato do termo posição natural da cabeça (PNC), foi realizado em 1862 por Broca, sendo descrita como a posição fisiológica “quando um homem está em pé e seu eixo visual está horizontal”. Já em 1958, Moorrees e Kean definiram de forma mais precisa, como sendo uma orientação normatizada e reproduzível da cabeça no espaço, quando se foca em um ponto à distância na altura dos olhos [\(Weber et al. 2013\)](#) (Figura 6).

Por ser uma posição natural em que a cabeça repousa, é a base para adquirir fotografias e cefalometrias, que são dados clínicos importantes para identificar deformidades dentofaciais para o planejamento em cirurgia ortognática [\(Moorrees 1994\)](#). Não obstante, utilizar a PNC durante o planejamento virtual da cirurgia ortognática elimina a necessidade de marcação intracraniana, bem como fornece uma referência reproduzível [\(Kim et al. 2014\)](#).



Figura 6 - Exemplificando a PNC

Fonte: www.schengenvisainfo.com/schengen-visa-application-requirements/photo-requirements/

A literatura relata alguns métodos para realizar a captura da PNC. Dentre eles destacam-se:

A. Sensor de orientação digital:

O sensor de orientação digital (SOD) consiste em um equipamento, mantido em boca, acoplado a um JIG (obtido do paciente em RC) e a um arco, com marcas fiduciárias para posterior pareamento das imagens (Figura 7). Este dispositivo é capaz de armazenar os valores do *pitch*, *roll* e *yaw*. Após registrar a RC em resina acrílica, e uní-la ao SOD, o dispositivo é mantido em boca, e então o paciente é colocado em sua PNC, para realização do escaneamento facial.

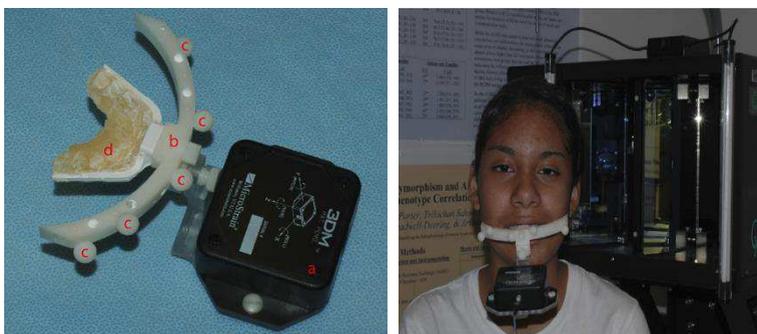


Figura 7 - Giroscópio: a (SOD), b (arco facial), c (marcas fiduciárias), d (registro da RC). Paciente utilizando o Giroscópio e SOD.

Fonte - [\(Xia et al. 2011\)](#).

Removendo este equipamento, e mantendo em boca o JIG e o arco facial, a TCCB é realizada no paciente. Nesta etapa, os pontos de referência são registrados e utilizados para fusão das imagens obtidas com o SOD. Logo, com os valores dados pelo SOD, a PNC é importada para o modelo virtual do paciente. Em seguida, as imagens da TCCB e do escaneamento facial são unidas através dos pontos fiduciários (Figura 8). Como resultado temos um modelo virtual do paciente, orientado em sua PNC. Este método é preciso para se registrar a PNC [\(Bush and Antonyshyn 1996\)](#) e [\(Soncul and Bamber 2000\)](#).

[\(Xia et al. 2011\)](#) avaliou a precisão deste método, obtendo como resultado uma variação de 1.3° para o *pitch* e valores menores que 0.76° para *roll* e *yaw*. Os autores assumiram que esta diferença está relacionada ao peso de 95g do SOD que modificaria a PNC do paciente. Todavia os autores acreditam que esta variação não é clinicamente significativa, pois a alteração de 2° é estabelecida como significante.

Já [Schatz et al. 2010](#) avaliaram, *in vitro*, os resultados obtidos pelo SOD, em relação a real orientação da PNC. Como resultado encontraram uma diferença média de 0.12°

+ 0.54° entre a PNC real e a registrada pelo SOD. Novamente estes valores não foram clinicamente significativos. Apesar deste método se demonstrar preciso e fiel, apresenta uma grande desvantagem, que é a modificação da postura labial durante a permanência do giroscópio em boca (Kim et al. 2014). O lábio superior é uma das estruturas mais importantes no planejamento da CO, sendo assim, sua correta orientação é imprescindível.

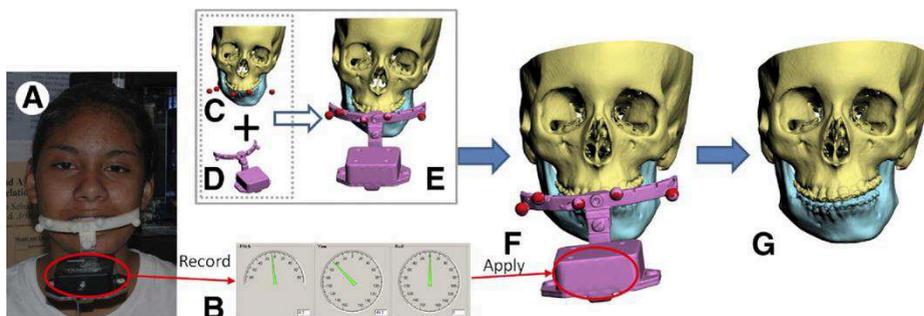


Figura 8 - Paciente utilizando o SOD (A). As orientações obtidas pelo SOD no pitch, roll e yaw (B). Processo de pareamento das imagens digitais (C, D e E). Aplicação dos valores fornecidos pelo SOD para obter a PNC (F). Resultado final (G).

Fonte: (Xia et al. 2011).

B. Estereofotogrametria (EFG)

(Hsung et al. 2014) descreveram esta técnica em detalhes, onde se é possível obter uma fotografia 3D da face, com alta precisão (texturização do tecido mole), bem como obter a PNC do paciente, sem qualquer dose de radiação. Este método consiste em criar marcações, na sala de operação do equipamento, através de alinhamento com niveladores a laser. Essas referências são utilizadas para posicionar um quadro, que será digitalizado, com linhas para orientações (verticais e horizontais), para posicionar o paciente sentado em sua frente (Figura 9). Com o auxílio de um espelho, na parede à frente, o paciente senta em uma cadeira e se mantém relaxado em sua PNC, olhando

fixamente para frente. Após estes passos, a EFG é realizada. Usam-se as imagens do quadro de referência (orientado nos planos reais, vertical e horizontal) e do perfil do paciente para registrar a PNC, pareadas digitalmente através de um software (MeshLab). Como resultado, teremos uma imagem do perfil do paciente com textura e orientado na PNC (Figura 9). O alinhamento e calibração da prancha de referência é de fácil realização (2.5 minutos em média) sendo feito somente uma vez, podendo ser usado em múltiplos pacientes. Esta técnica é precisa, com desvio angular menor que 0.1° (cl clinicamente insignificante) (Hsung et al. 2015). Uma grande vantagem da utilização deste método é que não há modificação na orientação do tecido mole do paciente, resultando em imagem digital 3D fiel ao real (Leung et al. 2016).

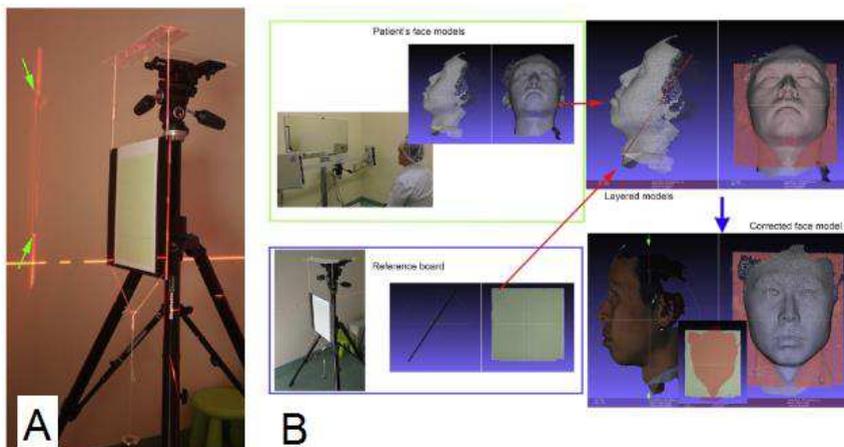


Figura 9 - Linhas de nivelamento, e quadro de referência (A).
Workflow da EFG (B).

Fonte - (Hsung et al. 2014).

C. Marcações com alinhamento a laser

Nesta técnica o paciente se mantém sentado e olhando fixamente a um espelho, com a musculatura relaxada e, em

seguida, niveladores a laser são utilizados para posicionar a cabeça nos planos horizontal e vertical verdadeiros ([Damstra et al. 2010](#)). O registro é realizado através da colocação de um material para marcação, radiopaco ou não, sobre as linhas de referência do laser. Assim, estas marcações serão registradas junto ao tecido mole do paciente durante a realização da TCCB (Figura 10). Com isso essas referências acrescentadas sobre o tecido mole do paciente servirão de orientação para a determinação da PNC no software digital do planejamento virtual. ([Xia et al. 2011](#)) indica a técnica para pacientes com nenhuma ou com pouca assimetria facial, principalmente na base do crânio, pois essas estruturas serão utilizadas para pareamento de imagens na transferência da PNC para o ambiente virtual.

Esta técnica foi descrita de maneira simples e objetiva por ([Damstra et al. 2010](#)). Os autores utilizaram pequenas esferas de vidro sobrepostas às linhas dos niveladores. Após a TCCB, a imagem destas marcações serviram de referência para a orientação tridimensional da cabeça no *pitch*, *roll* e *yaw* (Figura 11). O tempo médio para realizar o método foi de 15 minutos, demandando adicionais três minutos para o pareamento das imagens no programa

([Bobek et al. 2015](#)) utilizaram técnica semelhante para registro da PNC tendo como modificação o uso de adesivos com pontos radiopacos (Figura 12). A imagem digital gerada pela tomografia apresentará pontos radiopacos que servirão de referência para a orientação da PNC no software digital (Figura 12).

Estes autores obtiveram uma diferença média para método, em 19 dos 25 pacientes avaliados, nos planos axial, sagital e coronal, respectivamente na ordem de 0.05, 2.22 e 0.69 mm. Apesar do plano sagital ter grande diferença (valor maior que 2mm), ainda nos fornece valores bem baixos para os planos axial e coronal ([Bobek et al. 2015](#)).

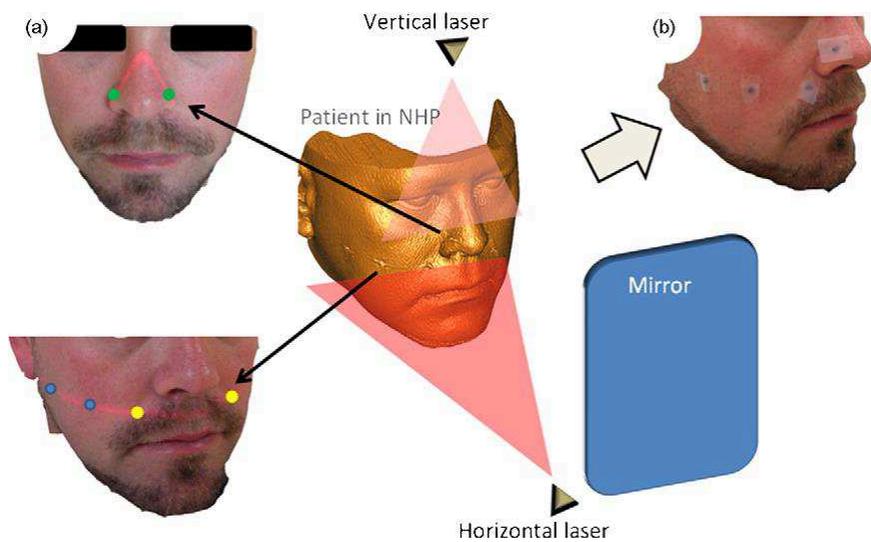


Figura 10- Nivelamento da cabeça do paciente, a laser.
Sobreposição das esferas sobre as linhas.
Fonte: [\(Damstra et al. 2010\)](#).

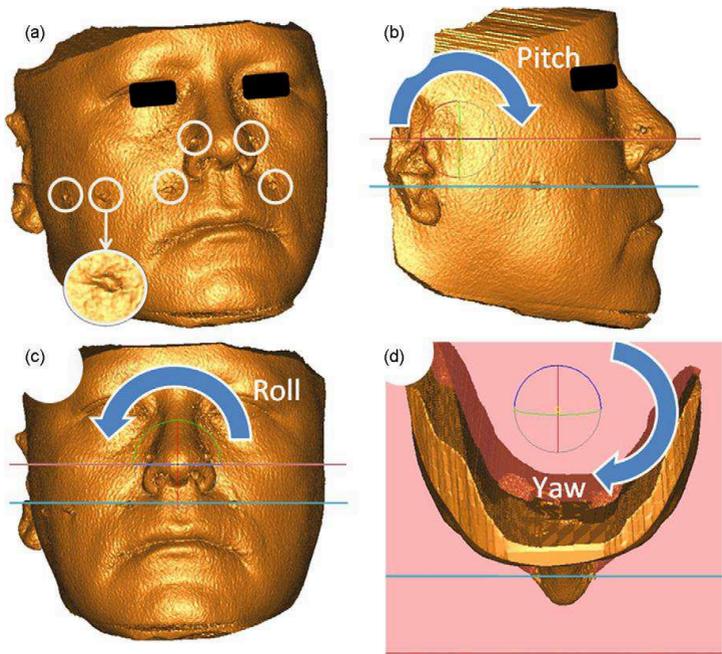


Figura 11 - Imagem digital após a TCCB. Observe as esferas sobre o tecido mole.

Fonte: [\(Damstra et al. 2010\)](#).

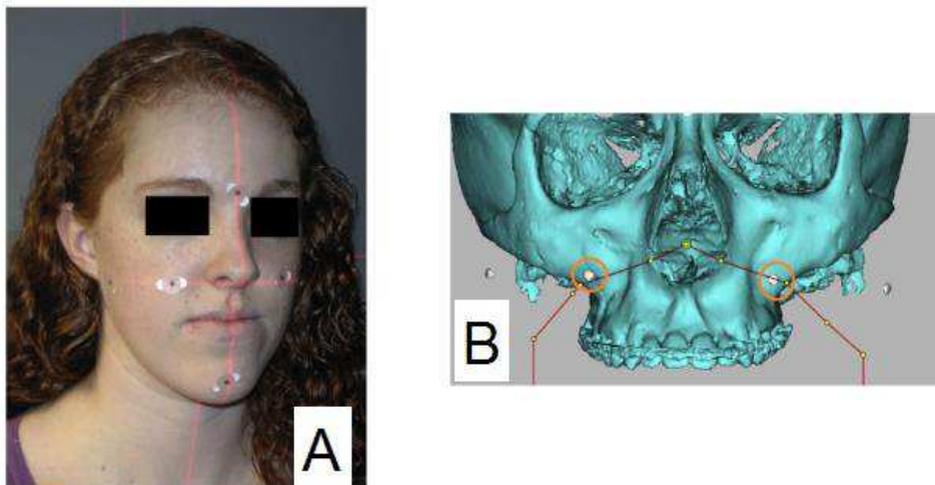


Figura 12 - Nivelamento da cabeça do paciente verticalmente e horizontalmente (A), bem como a imagem radiopaca dos adesivos sobre o tecido ósseo (B).

Fonte - [\(Bobek et al. 2015\)](#).

D. Algoritmo POSIT (pose from orthography and scaling with iterations)

[\(Kim et al. 2014\)](#) desenvolveu este método para obtenção da PNC. Neste estudo, *in vitro*, pequenas esferas cerâmicas foram adicionadas nas superfícies de crânios artificiais, posicionados sobre uma base de acrílico. Nesta base, 4 esferas de aço inox foram acrescentadas em seus vértices (Figura 13), sendo utilizadas como referências para obtenção da PNC. Feito isso, fotos digitais desse conjunto foram tomadas, para auxiliar na união das imagens digitais. Após esses passos, o conjunto crânio mais base de acrílico foram tomografados (TCCB) (Figura 14). Dessa maneira, as imagens da TCCB e da foto digital são unidas, tendo como referência as esferas radiopacas sobre o crânio, na tomografia. Assim, utiliza-se um algoritmo criado pelos pesquisadores (POSIT), para orientar a imagem

anteriormente pareada nos eixos rotacionais (*pitch*, *roll* e *yaw*), obtendo assim a PNC.

A diferença angular entre a referência real e orientado pelo POSIT, para o *pitch*, *roll* e *yaw*, foi de $0.17 \pm 0.50^\circ$ (Leung et al. 2016). Estes resultados mostram que a técnica é precisa, e capaz de reproduzir a PNC *in vitro*. Todavia é necessário ter o algoritmo desenvolvido pelos pesquisadores.

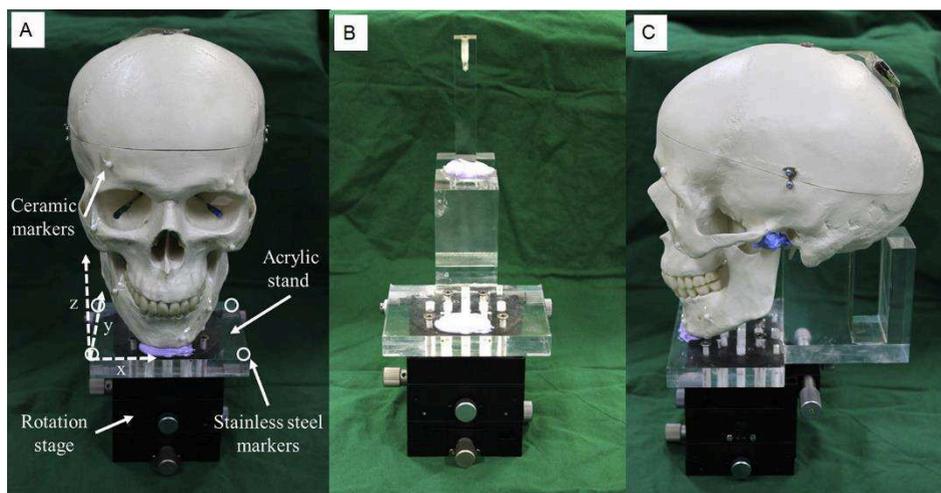


Figura 13 - Modelo sobre a plataforma de acrílico, todo o conjunto de orientação com as esferas em cerâmica, base de acrílico com as marcas em aço (A). Somente a base de suporte (B). Vista lateral de todo o conjunto (C).

Fonte - (Kim et al. 2014).

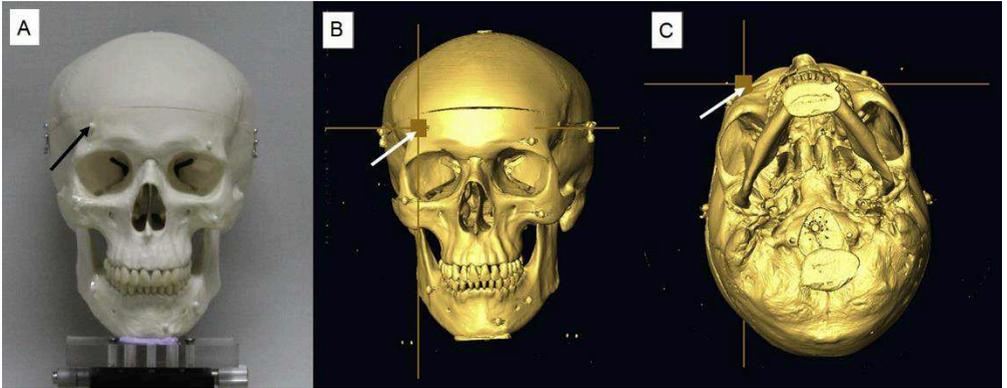


Figura 14 - Modelo do crânio com esferas de cerâmica (seta) (A). Imagens digitais após a TCCB do mesmo modelo, em diferentes vistas (B e C).

Fonte - [\(Kim et al. 2014\)](#).

3.2 Aquisição da imagem digital dos dentes.

Após a realização da TCCB, com os cuidados descritos anteriormente, haverá como resultado uma imagem digital dos dentes, tecido mole e tecido ósseo. Para os últimos, a tomografia gerada é capaz de reproduzir a maioria das características necessárias para o PV em CO. No entanto, a TCCB não é capaz de reproduzir com detalhes a morfologia dos dentes, devido ao grande número de artefatos gerados por restaurações e aparelhos ortodônticos, impedindo sua utilização no planejamento virtual [\(Nilsson et al. 2016\)](#). Para o correto planejamento do caso e obtenção das guias cirúrgicas, necessita-se de grande fidelidade das superfícies dentárias. Dessa maneira, outros métodos são descritos para obter detalhadamente a superfície oclusal dos dentes (Figura 15), sendo três os principais: scanner intraoral, tomografia e escaneamento a laser do modelo do paciente [\(Nilsson et al. 2016\)](#), [\(Nairn et al. 2013\)](#), [\(Bobek et al. 2015\)](#) e [\(Kim et al. 2010\)](#).

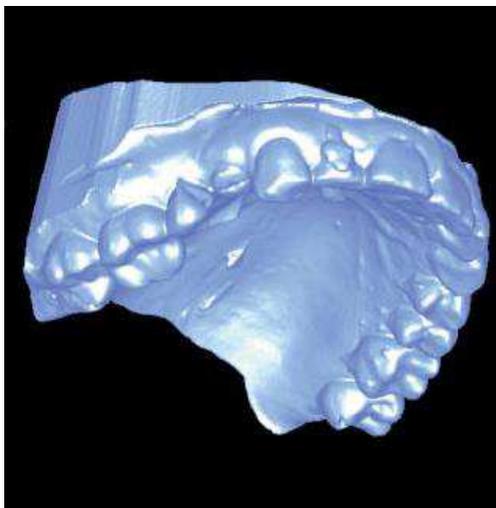


Figura 15 - Imagem digital das superfícies oclusais.

Fonte - <https://www.planmeca.com/Imaging/3D-imaging/>.

3.2.1 Scanner intra-oral

O escaneamento intra-oral é uma alternativa para se obter a morfologia dos elementos dentais, com as vantagens da ausência de radiação e eliminação das moldagens. Este escaneamento é realizado diretamente na boca do paciente, podendo também ser feito o modelo em gesso. Scanners intra-oral (SIO) (Figura 16) foram recentemente introduzidos como uma opção de obtenção da superfície dentária (Figura 17), sendo a técnica mais confortável que o método tradicional de moldagem ([Grünheid et al. 2014](#)). Além disso, o SIO pode ser mais preciso que a moldagem habitual, pois durante a realização da impressão e vazamento do modelo podem ocorrer erros significativos (como bolhas, ruptura da moldagem, falta ou excesso e distorção do material) ([van der Meer et al. 2012](#)).



Figura 16 - Scanner intra-oral.
Fonte - <https://www.3shape.com/pt-br>.



Figura 17 - Modelo digital após o escaneamento intra-oral.
Fonte - <https://www.3shape.com/pt-br>.

([Flügge et al. 2013](#)) compararam a precisão de modelos digitais obtidos pelo escaneamento de modelos em gesso e pela leitura intra-oral dos dentes dos pacientes. O estudo concluiu que as imagens digitais obtidas pelo escaneamento intra-oral foram menos precisas, sendo esta menor exatidão durante a tomada intra-oral atribuída a vários fatores, incluindo movimento do paciente, espaço intra-oral limitado, presença de umidade, saliva e técnica inadequada do operador.

Alguns estudos avaliaram a precisão do SIO. ([Cuperus et al. 2012](#)) utilizou crânios secos para o escaneamento direto dos elementos dentais. Após isto o arquivo digital (modelo digital) foi impresso, através de uma impressora

3D (modelo 3D) (Figura 18), e as medidas reais das dimensões dos dentes, e da arcada dentária foram comparados. Houve uma discrepância significativa em 84.1% das medidas dos modelos 3D, e em 34.1% das medidas dos modelos digitais.

Outros estudos relataram um grande variedade de valores no tamanho dos dentes: 0.0 a 5.6mm ([Watanabe-Kanno et al. 2009](#)) e -5.09 a 3.75mm ([Yourtee et al. 2000](#)). Independente dos erros encontrados nestes artigos, o modelo digital é o que teve a menor média de erro ([Cuperus et al. 2012](#)) se comparado ao modelo 3D.

Um ponto importante a ser analisado é que o modelo digital obtido através do escaneamento intra-oral, difere entre operadores que usará o SIO ([Cuperus et al. 2012](#)). Cada operador irá escanear a arcada dentária do paciente de diferentes formas, resultando em imagens digitais diferenciadas. Logo, um mesmo paciente pode ter diferentes modelos digitais.

Em resumo, o SIO é uma ferramenta inovadora com grandes potencial, mas que necessita de maiores estudos para comprovar a sua real precisão. Como seu resultado varia de operador para operador, acredita-se que a padronização da pessoa que realizará o exame seja crucial.

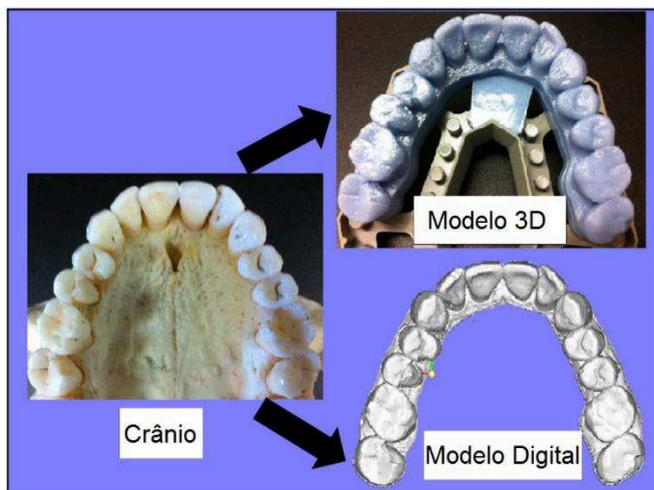


Figura 18 - Mostra o crânio (referência), o modelo digital e prototipado (modelo 3D).

Fonte - [\(Cuperus et al. 2012\)](#).

3.2.2 Escaneamento a laser

O processo de escaneamento a laser captura matrizes de pontos digitais com coordenadas x, y e z, podendo ou não capturar a cor da superfície, dependendo do modelo do equipamento. Como resultado tem-se um conjunto de malhas geradas à partir das matrizes obtidas de cada ponto, que será renderizado sendo então a imagem digital finalizada (Figura 19). Este escaneamento também pode ser realizado na face do paciente, bem como sobre modelos em gesso das respectivas arcadas dentárias.

O escaneamento a laser é considerado o padrão ouro na literatura, devido a sua pequena fonte de erros, com valores menores que 0.005 mm [\(Nairn et al. 2013\)](#) e grande precisão [\(Bush and Antonyshyn 1996\)](#) e [\(Soncul and Bamber 2000\)](#). Esta grande precisão está associada a um alto custo monetário para o paciente.



Figura 19 - Processo de renderização do escaneamento a laser.

Fonte - http://www.qubic.com.au/minolta_910fw.htm



Figura 20- Escaneamento de uma mandíbula seca.

Fonte: [\(Nairn et al. 2013\).](#)

3.2.3 Escaneamento por TCCB

Após realizar a moldagem do paciente, obtém-se o modelo das arcadas dentárias do paciente. Logo, pode-se utilizar a TCCB para tomografar o modelo de gesso, sendo possível adquirir a imagem digital dos dentes da maxila e mandíbula (Figura 21). Neste processo a forma de alta resolução do tomógrafo é executada, para se obter a maior qualidade da superfície dental (figura 22) ([Swennen et al. 2009](#)) e ([Yang et al. 2015](#)).

([Nairn et al. 2013](#)) comparou, *in vitro*, imagens digitais das superfícies dentárias obtidas por escaneamento a laser ou pela TCCB de mandíbulas secas. O estudo concluiu que a precisão do laser e da TCCB são similares, com erro médio do pareamento das superfícies oclusais entre as imagens geradas por ambos métodos, na ordem de 0.22 mm, onde o valor de maior discrepância foi de 0.44mm.

Logo, se o escaneamento do modelo de gesso pela TCCB é capaz de obter resultados bem próximos ao do escaneamento a laser, conclui-se que é uma ótima alternativa de obtenção da imagem digital dos elementos dentários. Isso porque a TCCB tem menor custo para o paciente e é capaz de fornecer os dados necessários para realizar o correto planejamento virtual. Claro que o escaneamento a laser continua sendo o padrão ouro para a obtenção da imagem digital dos elementos dentários, porém é ideal conhecer as alternativas possíveis, bem como dar opções ao paciente, dos métodos com menor custo mas com equivalentes precisões.



Figura 21 - Modelo posicionado para ser tomografado (TCCB), e sua imagem digital.

Fonte - [\(Bobek et al. 2015\)](#).

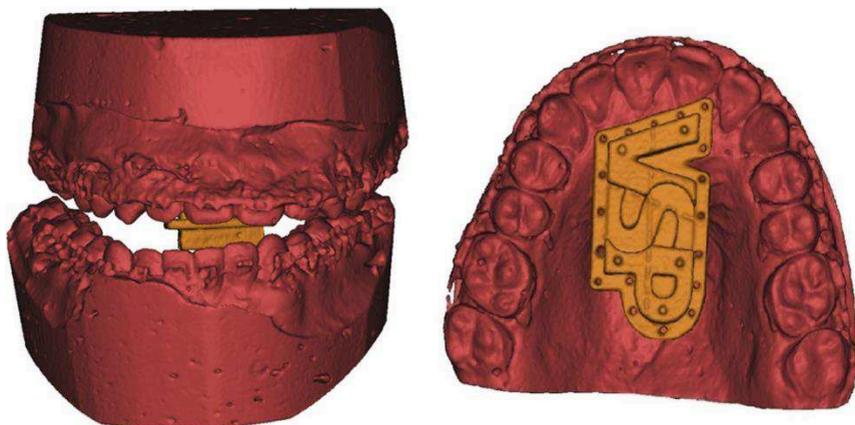


Figura 22 - Imagem digital do modelo adquirido pela TCCB.

Fonte - [\(Bobek et al. 2015\)](#).

3.3 Pareamento das imagens digitais dos dentes e tomografia

Através da aquisição das imagens digitais do tecido ósseo, tecido mole e morfologia dental do paciente, com as técnicas descritas anteriormente, obtemos dados precisos e utilizáveis para o planejamento virtual. No entanto, estas imagens encontram-se separadas, sendo assim, há a necessidade de união (pareamento) desses dados para formar, finalmente, o paciente virtual. Este é formado pelas uniões das imagens digitais, sendo um modelo 3D preciso, com relações fidedignas entre tecido duro, mole e dental (Figura 23) ([Plooij et al. 2011](#)).

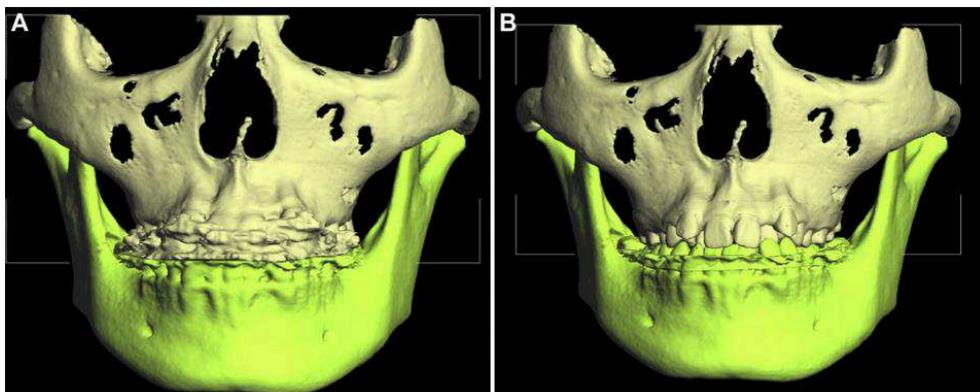


Figura 23 - Mostra o detalhe da morfologia dos dentes antes (A) e depois (B) do pareamento das imagens digitais.

Fonte - ([Yang et al. 2015](#)).

3.3.1 Pareamento por pontos e superfícies.

Em se tratando a parte dental do paciente virtual, o pareamento com a tomografia é realizada pelo software digital utilizado. Esta união pode se dar de duas formas, por meio de pontos específicos, ou por intermédio de uma melhor combinação de sobreposição de superfícies ([Zinser et al. 2012](#)), ([Chin et al. 2017](#)). Logo, é importante

determinar, entre ambos métodos, qual oferece os resultados mais fiéis.

([Kim et al. 2010](#)) realizaram um estudo que comparava métodos de pareamento por pontos ou por superfícies. Dois grupos foram criados: o primeiro utilizou crânios secos (grupo I), e o segundo pacientes voluntários (grupo II). Primeiramente TCCB foi tomada para todos dos grupos. Para ambos, modelos das arcadas dentárias foram confeccionados e escaneados com laser gerando uma imagem digital. Com isso, pode-se realizar o pareamento através de pontos, por superfícies, como também por pontos seguido pelo pareamento de superfícies (Figura 24). Em seguida, a imagem final fusionada foi gerada. Independentemente dos métodos implementados para a realização do pareamento, comparando-se os 2 grupos de amostra, os valores médios de diferença foram mínimos, sendo 0.05 mm na maxila e 0.08 mm na mandíbula no grupo I, como também 0.12 mm para maxila e 0.13 mm na mandíbula no grupo II. Após usar os 3 métodos de pareamento na verificação a laser (VL), obteve-se que o pareamento por pontos e sobreposição de superfícies é o método mais preciso, com média de 0.0 mm em maxila e 0.01 mm na mandíbula.

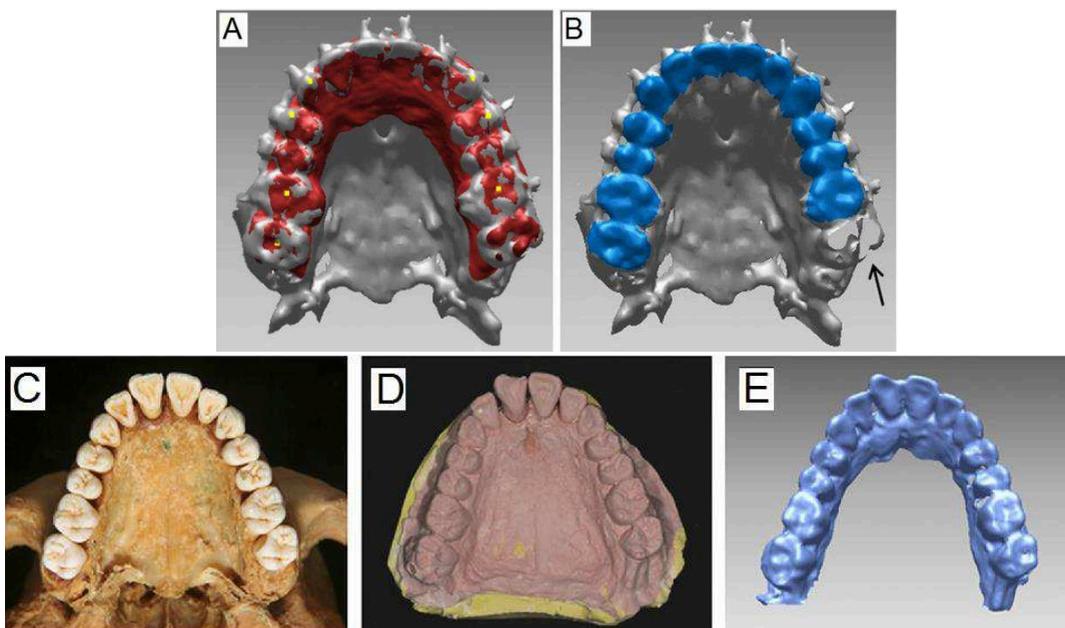


Figura 24 - Pareamento por pontos oclusais (A) e por superfícies (B). Crânio seco (C), seu respectivo modelo em gesso tipo IV (D) e a imagem digital obtida através do escaneamento (E).

Fonte - [\(Kim et al. 2010\)](#).

3.3.2 Pareamento tipo voxel-voxel.

Este método de união é utilizado na tentativa de obter uma maior precisão durante o pareamento das imagens, pois haverá um número maior de imagens digitais que auxiliarão e guiarão neste processo. Para se obter estas imagens digitais adicionais alguns passos devem ser executados. Para tal, a RC do paciente é registrada em um guia de mordida em cera, removendo todo o excesso na vestibular dos elementos para evitar deformação dos tecidos moles durante a tomada tomográfica. Após isto realiza-se a moldagem de ambas arcadas, com uma moldeira triple-tray e alginato (Figura 25). Depois destas etapas, três TCCB são realizadas: 1- com o guia de cera na boca do paciente, 2-

paciente com a moldagem em boca e 3- somente da moldagem em alginato (Figura 25). Como resultado temos a TCCB do paciente em relação cêntrica (N1), do paciente com a moldagem em boca (que servirá como referência no pareamento) (N2), e a imagem digital da moldagem obtida de ambas maxilares (N3), respectivamente. Este processo com três TCCB consecutivas é chamado de *triple-scan* ou escaneamento triplo.

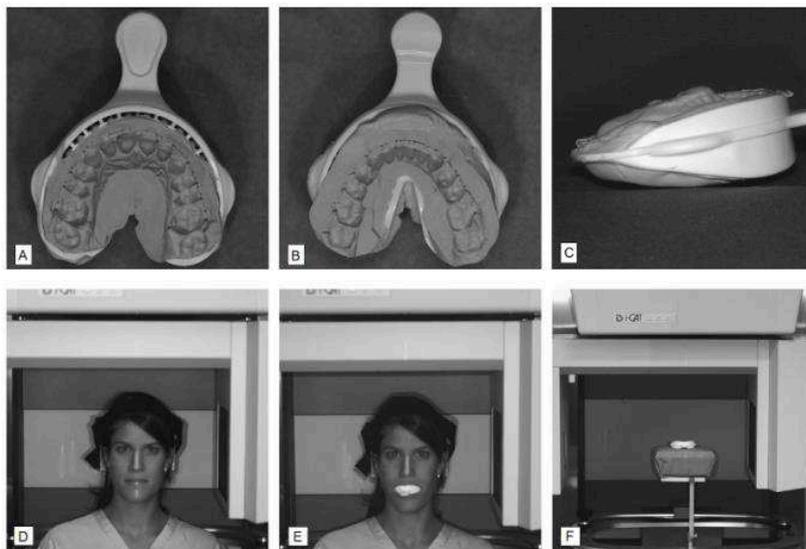


Figura 25 - Moldagem de ambas arcadas com moldeira triple-tray (A, B e C). Sequência de escaneamento tomográfico, paciente utilizando o registro em cera da RC (D), com a moldeira em boca (E) e o escaneamento da moldagem (F).

Fonte - ([Swennen et al. 2009](#)).

Uma vez obtidas essas informações, o pareamento é realizado. Primeiramente as imagens de N2 e N3 são sobrepostas, e sendo o guia a moldagem de alginato presente em ambas (primeira união, U1). Em seguida, uma nova união é realizada entre N2 e N1 (U2) para a maxila e

mandíbula separadamente. Em seguida, as imagens U1 e U2 são pareadas (U3) separadamente entre os maxilares, sendo o resultado volumétrico dentário entre a TCCB do paciente em RC (N1) e esta última união de imagens (U3) a morfologia detalhada dos dentes (FINAL) (Figura 26). (Swennen et al. 2009) utilizaram esta técnica, chegando a um erro médio de 0.02 mm, sendo a maior média encontrada de 0.1 mm. Todavia, este processo de pareamento tomou cerca de 40 minutos do operador. Já (Uechi et al. 2006) testaram a mesma técnica em crânios secos e os erros médios foram de 0.08mm.

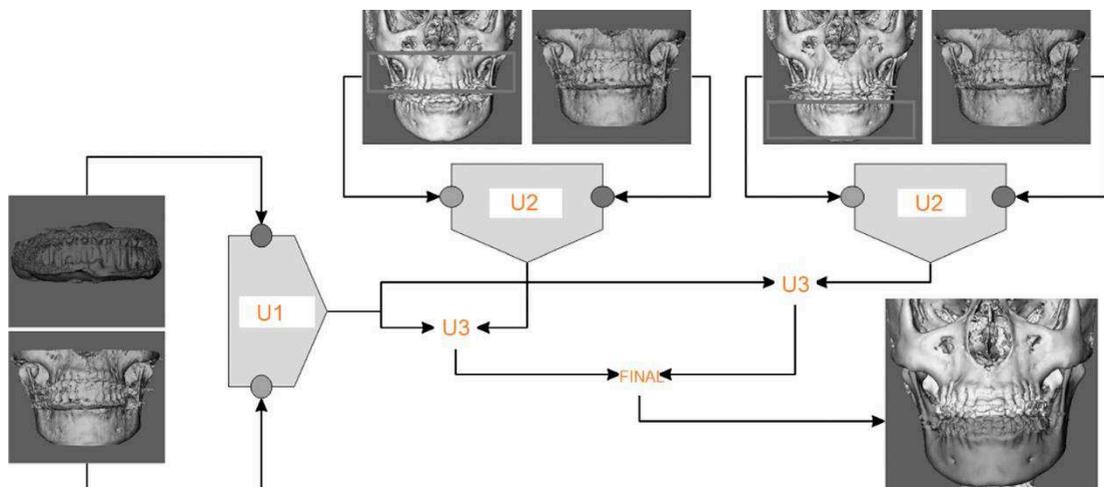


Figura 26 - Uniões das imagens para o pareamento tipo voxel-voxel.

Fonte - (Swennen et al. 2009).

Estes valores atestam a precisão da técnica do escaneamento triplo. Todavia o paciente terá de ser tomografado duas vezes seguidas, levando assim a uma maior dose de radiação e custo.

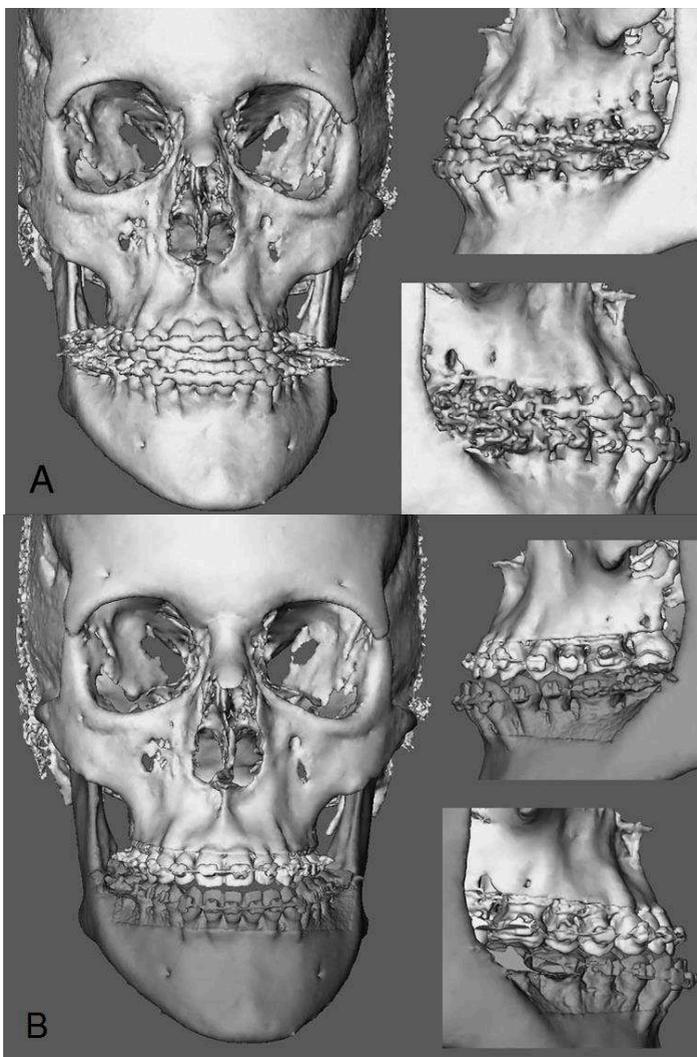


Figura 27 - Imagem digital sem o pareamento voxel-voxel (A), e após a união (B). Note a grande melhora na morfologia dos dentes.

Fonte - ([Swennen et al. 2009](#)).

4 RESULTADOS

Uma vez abordados os métodos que a literatura relata para cada etapa da obtenção dos dados necessários para a montagem do paciente virtual, bem como suas fusões, propõem-se o desenvolvimento de dois protocolos.

4.1 Elaboração dos protocolos

O primeiro protocolo (PT1) proposto foi desenvolvido com base na melhor precisão, comprovada pela literatura (Figura 29). Já o segundo protocolo (PT2), foi fundamentado em praticidade para dia-a-dia clínico do cirurgião bucomaxilofacial (Figura 30). Para se desenvolver estes protocolos alguns fatores foram avaliados, como a dose de radiação e o valor monetário dos exames.

O PT1 é iniciado pela moldagem dos dentes superiores e inferiores, seguido do vazamento destes moldes com gesso tipo IV. Deve-se utilizar um material de moldagem com boa estabilidade dimensional dentro das normas de manipulação impostas pelo fabricante. Realizada esta etapa, o registro em cera da RC é obtido, removendo-se o excesso de material da parte vestibular dos elementos dentais. Com isso o paciente pode ser tomografado através da TCCB utilizando, em boca, o guia de cera anteriormente obtido. Após estes passos o modelo anteriormente adquirido é escaneado pelo scanner a laser. Logo, como última etapa da obtenção dos dados, a texturização da face e a PNC do paciente são adquiridas pela técnica da estereo - fotogrametria.

Finalizada a etapa de obtenção de dados, as imagens digitais devem ser unidas. Para o seguinte pareamento das imagens, dos dentes, da TCCB e do escaneamento a laser executa-se a técnica de pontos e superfícies, como anteriormente descrita.

Para o PT2, assim como o PT1, inicia-se pela moldagem e vazamento do modelo como também o registro

da RC com o guia de cera. Na mesma consulta a cabeça do paciente é orientada através de nivelador a laser, colocando-se guias radiopacos sobre as linhas horizontais e verticais presentes na face. Em seguida a TCCB é realizada tanto no paciente, com o guia de cera em boca, como no modelo previamente obtido. Finalizada esta etapa de obtenção de dados do paciente, para a construção do paciente virtual, a união das imagens é realizada da mesma forma como do PT1.

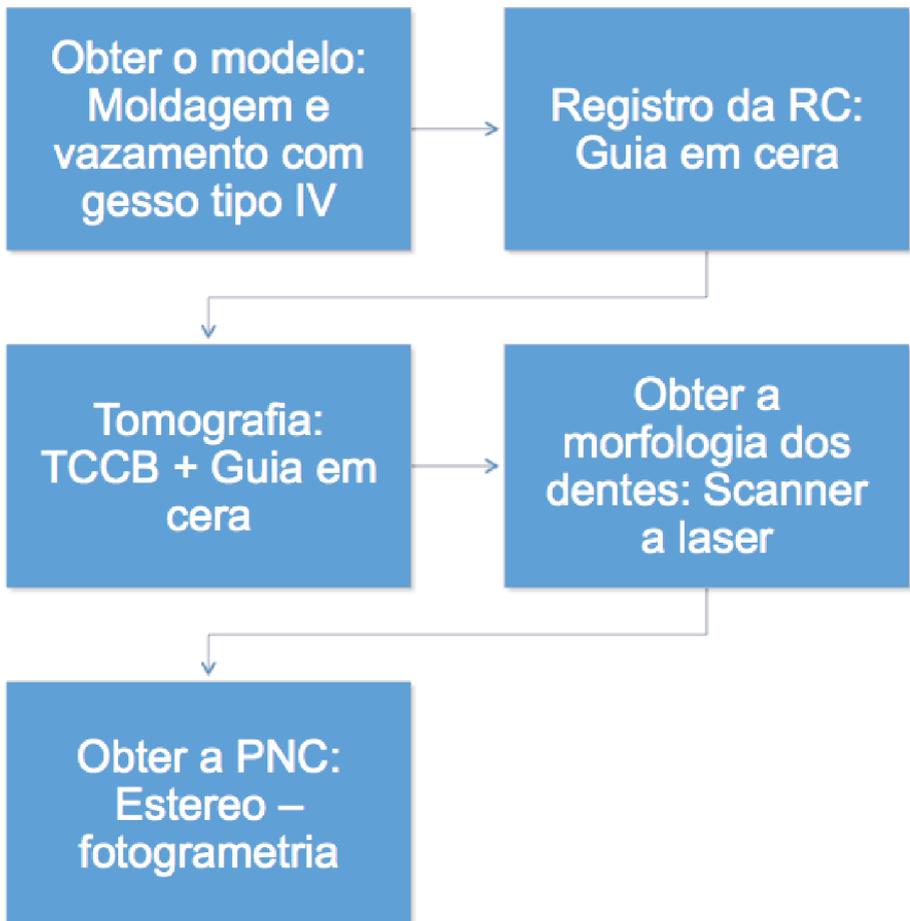


Figura 28 - PT1: protocolo proposto na melhor precisão comprovada pela literatura.

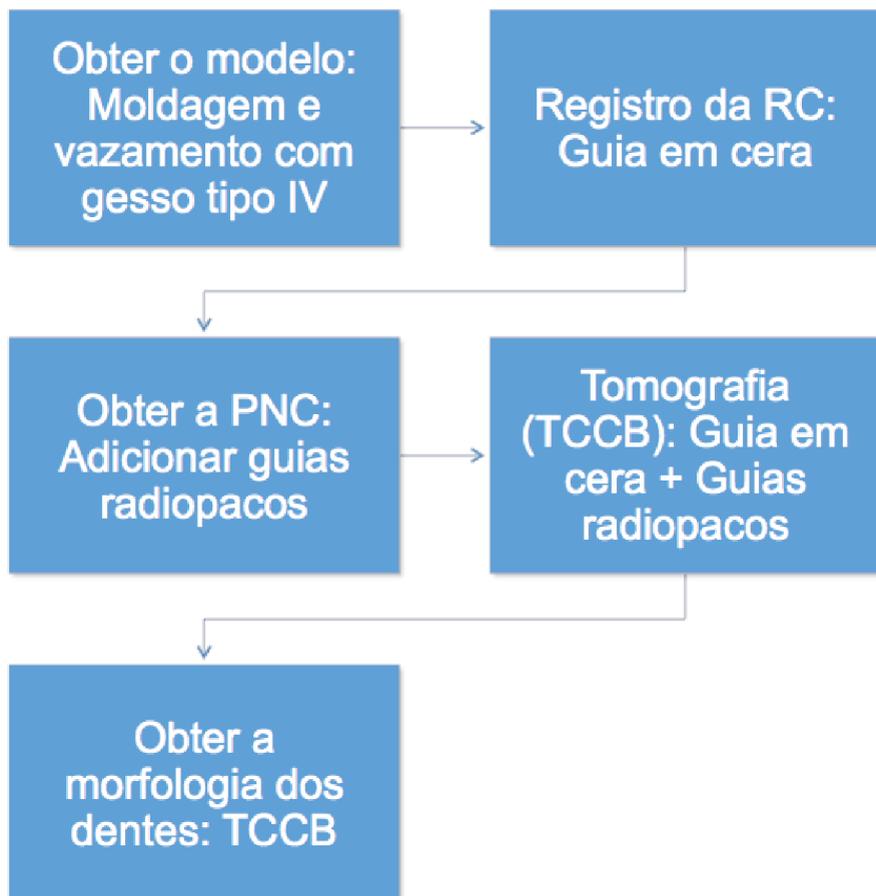


Figura 29 - PT2: protocolo proposto para o dia-a-dia clínico.

5 DISCUSSÃO

Após revisão da literatura, acerca do planejamento digital, foram propostos dois tipos de protocolos, um focando a precisão, outro uma sequência mais simples e acessível na vivência clínica diária. Nesses dois protocolos, PT1 e PT2, existem alguns passos que são semelhantes, como a moldagem, vazamento do modelo, o registro da RC e a tomada tomográfica. Isto porque nos dois métodos a obtenção da imagem digital dos dentes utiliza o modelo como referência, tanto para o escaneamento a laser como para a TCCB. A TCCB foi selecionada para ambos os protocolos pois é capaz de fornecer imagens digitais do tecido mole (lembrando que o paciente permanece sentado durante a tomada tomográfica, mantendo a posição habitual do tecido mole) e ósseo com precisão, bem ser encontrada com facilidade nas clínicas de radiologia odontológica.

Para o registro da RC a cera foi escolhida por ser um material facilmente encontrado nas clínicas odontológicas, de fácil manipulação, confortável para o paciente, de baixo custo e capaz de registrar com precisão a RC ([Bobek et al. 2015](#)). Como relatado anteriormente, o silicone também é um material capaz de registrar a RC. Todavia o cuidado a ser tomado é o excesso de material pela vestibular dos dentes, para que não tenha modificação dos tecidos periorais, alterando a orientação do tecido mole do paciente durante a TCCB.

No entanto, os protocolos diferem em relação ao método de obtenção da superfície dentária. Como relatado anteriormente o escaneamento a laser é a técnica mais precisa para esta etapa. Logo foi inserido ao PT1. Mas, para o PT2, foi proposto adquirir-se a imagem digital dos dentes através da TCCB realizada sobre o modelo devido ao menor custo e praticidade (pois pode executar esta etapa na mesma sessão em que o paciente é inicialmente submetido à TCCB).

Para se obter a PNC, no PT1, a EFG foi indicada devido à sua grande precisão, como também possibilitar em uma única etapa obter a PNC e texturização da face do paciente. No PT2 as marcações radiopacas, ou esferas de vidro, sobrepostas nas linhas de nivelamento vertical e horizontal, foram selecionadas devido à sua fácil execução, boa precisão e menor valor monetário repassados ao paciente.

Propõem-se que a união das imagens digitais da TCCB inicial (tecido ósseo e pouco detalhe dental) com a da superfícies oclusais fidedignas (obtidas pelo escaneamento a laser ou TCCB), seja realizada pela técnica de pontos mais superfícies por ser um meio preciso, com valor médio de erro de 0.01mm ([Kim et al. 2010](#)), de fácil execução, menor exposição do paciente à radiação e baixo custo. Já a técnica de união voxel-voxel, necessita que o paciente seja tomografado duas vezes consecutivas, acarretando maior custo e radiação, apresentando também maior dificuldade para o operador do software e com precisão próxima à técnica anteriormente descrita.

Após realizar os passos descritos, a correta obtenção dos dados do paciente, a montagem do paciente virtual pode ocorrer (Figura 30). Este é o resultado final, sendo possível observar a face do paciente, tecido ósseo, tecido mole e dentes. Com isso o planejamento cirúrgico pode ser realizado.



Figura 30 - Resultado final após todos os pareamentos necessários.

Fonte - ([Mollema et al. 2007](#)).

6 CONCLUSÃO

Os métodos de obtenção e fusão de dados para construção do paciente virtual em CO são diversos logo é importante que profissional conheça a precisão, vantagens e desvantagens de cada um deles. A construção de um protocolo de aquisição e ajuntamento de dados deve basear-se inicialmente em uma precisão clinicamente aceitável. Uma vez satisfeito esse critério, quesitos como taxa de radiação, custo e praticidade devem permear essa elaboração. Os protocolos aqui propostos contemplam a precisão e a praticidade clínica, sendo que ambos são capazes de promover a construção de um paciente virtual fidedigno.

REFERÊNCIAS

- 1) CAMARDELLA, L. T.; BREUNING, H.; DE VASCONCELLOS VILELLA, O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *J Orofacc Orthop*, v. 78, n. 3, p. 211-220, May 2017.
- 2) LIM, J. H. et al. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent*, v. 119, n. 2, p. 225-232, Feb 2018.
- 3) MANDELLI, F. et al. Improvement of a Digital Impression with Conventional Materials: Overcoming Intraoral Scanner Limitations. *Int J Prosthodont*, v. 30, n. 4, p. 373-376, Jul/Aug 2017.
- 4) PATZELT, S. B. et al. Accuracy of computer-aided design/computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data. *J Am Dent Assoc*, v. 145, n. 11, p. 1133-40, Nov 2014.
- 5) RICHERT, R. et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng*, v. 2017, p. 8427595, 2017.
- 6) WESEMANN, C. et al. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. *Quintessence Int*, v. 48, n. 1, p. 41-50, 2017.
- 7) WONG, K. Y. et al. Three-Dimensional Accuracy of Digital Static Interocclusal Registration by Three

Intraoral Scanner Systems. J Prosthodont, v. 27, n. 2, p. 120-128, Feb 2018.

8) DE WAARD, O. et al. A novel method for fusion of intra-oral scans and cone-beam computed tomography scans for orthognathic surgery planning. J Craniomaxillofac Surg, v. 44, n. 2, p. 160-6, Feb 2016.

9) GATENO, J. et al. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. J Oral Maxillofac Surg, v. 61, n. 2, p. 222-7, Feb 2003.

10) NAIRN, N. J. et al. Digital replacement of the distorted dentition acquired by cone beam computed tomography (CBCT): a pilot study. Int J Oral Maxillofac Surg, v. 42, n. 11, p. 1488-93, Nov 2013.

11) NILSSON, J. et al. Virtual bite registration using intraoral digital scanning, CT and CBCT: In vitro evaluation of a new method and its implication for orthognathic surgery. J Craniomaxillofac Surg, v. 44, n. 9, p. 1194-200, Sep 2016.

12) NKENKE, E. et al. Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. Dentomaxillofac Radiol, v. 33, n. 4, p. 226-32, Jul 2004.

13) Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. Dentomaxillofac Radiol, v. 33, n. 4, p. 226-32, Jul 2004.

14) SWENNEN, G. R. et al. The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate

anatomic virtual augmented model of the skull. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 36, n. 2, p. 146-52, Feb 2007.

15) A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg*, v. 20, n. 2, p. 297-307, Mar 2009.

16) A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 38, n. 1, p. 48-57, Jan 2009.

17) UECHI, J. et al. A novel method for the 3-dimensional simulation of orthognathic surgery by using a multimodal image-fusion technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 130, n. 6, p. 786-98, Dec 2006.

18) PEREZ, D.; ELLIS, E., 3RD. Sequencing bimaxillary surgery: mandible first. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 69, n. 8, p. 2217-24, Aug 2011.

19) DAMSTRA, J.; FOURIE, Z.; REN, Y. Simple technique to achieve a natural position of the head for cone beam computed tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg*, v. 48, n. 3, p. 236-8, Apr 2010.

20) HOOGEVEEN, R. C.; SANDERINK, G. C.; BERKHOUT, W. E. Effect of head position on cephalometric evaluation of the soft-tissue facial profile. *Dentomaxillofac Radiol*, v. 42, n. 6, p. 20120423, 2013.

21) HSUNG, T. C. et al. Recording of natural head position using stereophotogrammetry: a new technique and reliability study. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 72, n. 11, p. 2256-61, Nov 2014.

22) Automatic Detection and Reproduction of Natural Head Position in Stereo-Photogrammetry. PLoS One, v. 10, n. 6, p. e0130877, 2015.

23) KIM, D. S. et al. Three-dimensional natural head position reproduction using a single facial photograph based on the POSIT method. J Craniomaxillofac Surg, v. 42, n. 7, p. 1315-21, Oct 2014.

24) LAM, W. Y. H. et al. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. J Prosthet Dent, Sep 29 2017.

25) LEUNG, M. Y.; LO, J.; LEUNG, Y. Y. Accuracy of Different Modalities to Record Natural Head Position in 3 Dimensions: A Systematic Review. J Oral Maxillofac Surg, v. 74, n. 11, p. 2261-2284, Nov 2016.

26) SAHIN SAGLAM, A. M.; UYDAS, N. E. Relationship between head posture and hyoid position in adult females and males. J Craniomaxillofac Surg, v. 34, n. 2, p. 85-92, Mar 2006.

27) SCHATZ, E. C. et al. Development of a technique for recording and transferring natural head position in 3 dimensions. J Craniofac Surg, v. 21, n. 5, p. 1452-5, Sep 2010.

28) WEBER, D. W.; FALLIS, D. W.; PACKER, M. D. Three-dimensional reproducibility of natural head position. Am J Orthod Dentofacial Orthop, v. 143, n. 5, p. 738-44, May 2013.

29) XIA, J. J.; GATENO, J.; TEICHGRAEBER, J. F. New clinical protocol to evaluate craniomaxillofacial

deformity and plan surgical correction. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 67, n. 10, p. 2093-106, Oct 2009.

30) XIA, J. J. et al. A new method to orient 3-dimensional computed tomography models to the natural head position: a clinical feasibility study. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 69, n. 3, p. 584-91, Mar 2011.

31) PLOOIJ, J. M. et al. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 40, n. 4, p. 341-52, Apr 2011.

32) BARRETT, J. F.; KEAT, N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics*, v. 24, n. 6, p. 1679-91, Nov-Dec 2004.

33) BELL, R. et al. Perceptions of facial profile and their influence on the decision to undergo orthognathic surgery. *Am J Orthod*, v. 88, n. 4, p. 323-32, Oct 1985.

34) BUSH, K.; ANTONYSHYN, O. Three-dimensional facial anthropometry using a laser surface scanner: validation of the technique. *Plast Reconstr Surg*, v. 98, n. 2, p. 226-35, Aug 1996.

35) Three-dimensional facial anthropometry using a laser surface scanner: validation of the technique. *Plast Reconstr Surg*, v. 98, n. 2, p. 226-35, Aug 1996.

36) CUPERUS, A. M. et al. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 142, n. 3, p. 308-13, Sep 2012.

37) FLUGGE, T. V. et al. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 144, n. 3, p. 471-8, Sep 2013.

38) GABER, R. M. et al. A Systematic Review to Uncover a Universal Protocol for Accuracy Assessment of 3-Dimensional Virtually Planned Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 75, n. 11, p. 2430-2440, Nov 2017.

39) GRUNHEID, T.; MCCARTHY, S. D.; LARSON, B. E. Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 146, n. 5, p. 673-82, Nov 2014.

40) HOUNSFIELD, G. N. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I. Description of system. 1973. *Br J Radiol*, v. 68, n. 815, p. H166-72, Nov 1995.

41) HSUNG, T. C. et al. Automatic Detection and Reproduction of Natural Head Position in Stereo-Photogrammetry. *PLoS One*, v. 10, n. 6, p. e0130877, 2015.

42) MOORREES, C. F. Natural head position--a revival. In: (Ed.). *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. United States, v.105, 1994. p.512-3.

43) SONCUL, M.; BAMBER, M. A. The reproducibility of the head position for a laser scan using a novel morphometric analysis for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 29, n. 2, p. 86-90, Apr 2000.

44) The reproducibility of the head position for a laser scan using a novel morphometric analysis for orthognathic

surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 29, n. 2, p. 86-90, Apr 2000.

45) UECHI, J. et al. A novel method for the 3-dimensional simulation of orthognathic surgery by using a multimodal image-fusion technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 130, n. 6, p. 786-98, Dec 2006.

46) VAN DER MEER, W. J. et al. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*, v. 7, n. 8, p. e43312, 2012.

47) VANNIER, M. W. Craniofacial computed tomography scanning: technology, applications and future trends. *Orthod Craniofac Res*, v. 6 Suppl 1, p. 23-30; discussion 179-82, 2003.

48) WATANABE-KANNO, G. A. et al. Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Ceph3 digital models. *Braz Oral Res*, v. 23, n. 3, p. 288-95, Jul-Sep 2009.

49) YANG, W. M.; HO, C. T.; LO, L. J. Automatic Superimposition of Palatal Fiducial Markers for Accurate Integration of Digital Dental Model and Cone Beam Computed Tomography. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 73, n. 8, p. 1616.e1-10, Aug 2015.

50) Automatic Superimposition of Palatal Fiducial Markers for Accurate Integration of Digital Dental Model and Cone Beam Computed Tomography. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 73, n. 8, p. 1616.e1-10, Aug 2015.

51) ESKANDARLOU, A. et al. Comparison between cone beam computed tomography and multislice computed tomography in diagnostic accuracy of maxillofacial

fractures in dried human skull: an in vitro study. *Dent Traumatol*, v. 30, n. 2, p. 162-8, Apr 2014.

52) GOMES, L. R. et al. Cone beam computed tomography-based models versus multislice spiral computed tomography-based models for assessing condylar morphology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, v. 121, n. 1, p. 96-105, Jan 2016.

53) JONES, E. M. et al. Comparison of cone-beam computed tomography with multislice computed tomography in detection of small osseous condylar defects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 150, n. 1, p. 130-9, Jul 2016.

54) LOUBELE, M. et al. Assessment of bone segmentation quality of cone-beam CT versus multislice spiral CT: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 102, n. 2, p. 225-34, Aug 2006.

55) NAITOH, M. et al. Comparison between cone-beam and multislice computed tomography depicting mandibular neurovascular canal structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 109, n. 1, p. e25-31, Jan 2010.

56) PENA DE ANDRADE, J. G. et al. Comparison of 64-Detector-Multislice and Cone Beam Computed Tomographies in the Evaluation of Linear Measurements in the Alveolar Ridge. *Int J Prosthodont*, v. 29, n. 2, p. 132-4, Mar-Apr 2016.

57) POESCHL, P. W. et al. Comparison of cone-beam and conventional multislice computed tomography for image-guided dental implant planning. *Clin Oral Investig*, v. 17, n. 1, p. 317-24, Jan 2013.

58) SWENNEN, G. R.; SCHUTYSER, F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 130, n. 3, p. 410-6, Sep 2006.

59) VAN DESSEL, J. et al. Accuracy and reliability of different cone beam computed tomography (CBCT) devices for structural analysis of alveolar bone in comparison with multislice CT and micro-CT. *Eur J Oral Implantol*, v. 10, n. 1, p. 95-105, 2017.

60) BARBENEL, J. C. et al. Errors in orthognathic surgery planning: the effect of inaccurate study model orientation. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 39, n. 11, p. 1103-8, Nov 2010.

61) KWON, T. G. et al. Accuracy of maxillary repositioning in two-jaw surgery with conventional articulator model surgery versus virtual model surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 43, n. 6, p. 732-8, Jun 2014.

61) TUCKER, S. et al. Comparison of actual surgical outcomes and 3-dimensional surgical simulations. *J Oral Maxillofac Surg*, v. 68, n. 10, p. 2412-21, Oct 2010.

Anexo 1 – Ata de apresentação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 22 dias do mês de MAIO de 2018, às 09:30 horas,
em sessão pública no (a) Sala 901 CCS desta Universidade, na presença da

Banca Examinadora presidida pelo Professor
JOSE NAZARENO GIL

e pelos examinadores:

1- LUIZ FERNANDO GIL

2- HUMBERTO CHEREN MENDES DE SOUZA

o aluno MARCOS EDUARDO GIARRET CAIO

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

Protocolo da Obtenção e Fusão de dados para o planejamento virtual em Cirurgia Ortognática baseado na Literatura.

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.

Jose Nazareno Gil

Presidente da Banca Examinadora

Luiz Fernando Gil

Examinador 1

[Assinatura]

Examinador 2

[Assinatura]

Aluno