

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

UTILIZAÇÃO DE BIOPROTÓTIPOS NA ODONTOLOGIA: REVISÃO DE
LITERATURA

MARCELO DE SOUZA

Porto Alegre
2010

MARCELO DE SOUZA

UTILIZAÇÃO DE BIOPROTÓTIPOS NA ODONTOLOGIA: REVISÃO DE
LITERATURA

Trabalho de conclusão do curso de odontologia
da Faculdade de Odontologia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

ORIENTADOR

Prof. Dr. João Batista Burzlaff

Porto Alegre, 2010

RESUMO

A partir da utilização das imagens fornecidas por exames tomográficos e do desenvolvimento de softwares, é possível a realização de cirurgias virtuais de instalação de implantes e construção de guias cirúrgicos e biomodelos de prototipagem rápida, que possibilitam desde uma simulação do procedimento cirúrgico até a execução de cirurgias guiadas. Os protótipos obtidos, que representam uma réplica anatômica fiel de um modelo virtual, reproduzem com boa precisão a anatomia da região que sofrerá a intervenção médica permitindo melhorar bastante a visualização facilitando o planejamento cirúrgico. O seu uso está tendo um aumento gradual, representando, essa tecnologia, um avanço significativo para a odontologia. Deve-se frisar, entretanto, a importância da determinação das suas reais indicações observando, como por exemplo, a relação custo-benefício, visto que todo o processo de fabricação do protótipo só é justificado se este biomodelo for útil no tratamento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo Geral	6
2.2 Objetivo Específico	6
3 REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Sistemas de Prototipagem Baseados em Líquidos	10
3.1.1 Estereolitografia.....	10
3.2 Sistemas de Prototipagem Baseados em Pó	10
3.2.1 Sinterização Seletiva a Laser.....	10
3.3 Sistemas de Prototipagem Baseados em Sólidos	11
3.3.1 Modelagem por Deposição Fundida.....	11
4 METODOLOGIA	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

A busca incessante dos implantodontistas por cirurgias mais rápidas, precisas e com melhores pós-operatórios levou ao desenvolvimento de inúmeros softwares e hardwares para a realização de cirurgias guiadas por computador, as chamadas “cirurgias virtuais”. A partir dessas novas tecnologias, bioprotótipos físicos podem ser obtidos diretamente de um modelo sólido feito em um sistema CAD 3D ou a partir da conversão de imagens obtidas de exames de tomografia computadorizada. O uso destes biomodelos, que representam a impressão fiel de uma área anatômica pré-definida, permite facilitar o planejamento cirúrgico possibilitando ao profissional avaliar detalhes, aperfeiçoar a técnica, antecipar as dificuldades e, principalmente, prever soluções para estas, representando um benefício tanto para o cirurgião dentista quanto para o próprio paciente. Comparada à técnica tradicional, a colocação de implantes guiados com auxílio do computador requer um investimento e esforço prévio maior, mas propicia bons resultados clínicos, permitindo proteção de estruturas anatômicas críticas, bem como vantagens estéticas e funcionais que advém da colocação do implante no local determinado pela prótese previamente planejada. A utilização deste sistema foi, por anos, limitada à aplicação em grandes empresas, porém a concorrência de mercado e a própria evolução desta tecnologia fez com que atualmente os custos relacionados diretamente aos softwares CAD/CAM estejam bastante acessíveis, proporcionando um maior acesso ao uso por profissionais da odontologia ligados à implantodontia e a Prótese.

2 OBJETIVOS:

2.1 Objetivo Geral

Procurar alternativas que proporcionem um maior planejamento e controle em cirurgias de colocação de implantes odontológicos.

2.2 Objetivo Específico

O objetivo deste trabalho é rever a literatura relativa ao uso da prototipagem rápida na área odontológica dando ênfase às indicações, vantagens e relação custo-benefício referente ao uso desta recente tecnologia.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Exames de imagens como a Tomografia Computadorizada tornaram possível o desenvolvimento de softwares específicos, para o estudo detalhado da anatomia esquelética facial, permitindo excelente demonstração imaginológica da medular e cortical óssea, de seus rebordos alveolares e da relação das raízes dentárias com estruturas adjacentes (NETO, RIVERA, LIMA e SANTOS, 1997). Atualmente a Tomografia Computadorizada é, provavelmente, a modalidade de imagem, de maior valor no que diz respeito à avaliação pré-cirúrgica para implantes. As estações de trabalho e softwares mais contemporâneos usados para processar os dados da imagem tomográfica são rápidos, detalhados e permitem a visualização das áreas propostas em tamanho real (LANGLAND e LANGLAIS, 2002). Sabe-se que exames de imagem adequados, modelos de estudo, guias cirúrgicos e fundamentalmente o exame físico assim como a integração entre cirurgião/protesista são fundamentais para obtenção dos melhores resultados clínicos. A confiança apenas em alguns exames complementares, como modelos diagnósticos e radiografias, eleva a imprevisibilidade dos resultados (ALMOG, TORRADO e MEITNER, 2001).

Em 2002 foi proposto um protocolo de cirurgia guiada para colocação de implantes que preconizava o planejamento baseado em dados fornecidos por tomografia computadorizada através de um software tridimensional e a transferência do planejamento para o campo operatório através de guias de fresagens rígidos elaborados por processos de prototipagem rápida (STEENBERGHE, 2002). Tal conceito de tratamento foi desenvolvido na Universidade Católica de Leuven situada na Bélgica o qual foi originalmente denominado LITORIM (*Leuven Information Technology-based Oral Rehabilitation by means of Implants*) (FOGGIATTO, 2006). O entendimento dos fundamentos da TC se faz necessário uma vez que para a confecção do protótipo todos os elementos de ajustes na aquisição de imagem pela TC

podem interferir na confecção do biomodelo gerando distorções (SANTA BÁRBARA, 2006).

Na engenharia, protótipo é uma peça única fabricada a partir das especificações de um projeto, com a finalidade de servir de teste antes da produção industrial (COMIDE, 2000). Os biomodelos são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens tomográficas computadorizadas axiais (TCA) (JAMES, 1998. GRELLMANN, 2001). Os bioprotótipos, que representam uma réplica anatômica fiel de um modelo virtual, reproduzem com boa precisão a anatomia da região que sofrerá a intervenção médica permitindo melhorar bastante a visualização facilitando o planejamento cirúrgico (THOMÉ, 2007).

Os dados obtidos nas reconstruções tridimensionais (3D) atingem objetivos importantes do planejamento com implantes, entre eles a determinação da quantidade e qualidade de osso disponível, visualização detalhada das condições anatômicas, seleção dos implantes, e, também, a simulação da instalação destes (cirurgia virtual) (THOMÉ, 2007). Com isto, o tempo do procedimento cirúrgico tende a diminuir, sobretudo, o tempo de exposição à anestesia e o risco a infecção (MAZZONETO, MOREIRA, MORAES, ALBERGARIA-BARBOSA, PASSERI, SPAGNOLI, 2002. PECKITT, 1999). Na implantodontia, especificamente, a aplicação da prototipagem rápida vai desde a obtenção de biomodelos que permitem o planejamento e a simulação dos procedimentos cirúrgicos, até a construção de guias cirúrgicos obtidos através das informações geradas nos programas de cirurgia virtual (STEENBERGHE, 2002). Este sistema de planejamento cirúrgico guiado permite possibilitar a monitoração do relacionamento entre o longo eixo do implante e o posicionamento do dente a ser confeccionado, e potencialmente pode evitar o uso não previsto de intermediários angulados para compensar eventuais inclinações desfavoráveis dos implantes. Ainda possibilita a colocação de implantes sem realização de retalho, viabilizando procedimentos cirúrgicos mais conservadores os quais podem culminar na redução de desconforto trans e pós-operatório e no menor tempo de tratamento (THOMÉ, 2007).

A técnica de prototipagem rápida é também aplicada em diversas outras áreas da odontologia, possibilitando aos profissionais incluir esse método como parte de seus recursos de diagnóstico em situações clínicas como a pesquisa e análise de patologias, avaliação da anatomia óssea, detecção de fraturas da face e avaliação das articulações temporomandibulares e seios Paranasais (MENEZES, SARMENTO, LAMBERTI, 2008). Em relação à nomenclatura destas tecnologias, ainda não se tem um consenso. Os nomes mais comumente utilizados são: prototipagem rápida, fabricação por camadas, manufatura rápida, fabricação de formas livres e, impressão tridimensional. O termo mais difundido é prototipagem rápida devido à primeira aplicação desta tecnologia ter sido a fabricação de protótipos (GOMIDE, 2000).

O termo CAD-CAM determina o desenho de uma estrutura em um computador (*Computer Aided Design*) seguido da sua confecção por uma máquina de fresagem (*Computer Aided Manufacturing*) (DURET, BLOUIN, 1998). Trata-se de uma tecnologia muito utilizada em várias indústrias e que deve a sua introdução na odontologia, ao final da década de 70 e início da década de 80 do século passado, a Bruce Altschuler, nos EUA, François Duret, na França, e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça. Os objetivos principais dessa tecnologia eram, então, a automatização de um processo manual de modo a obter material de elevada qualidade, padronizar processos de fabricação e reduzir os custos de produção (DURET, BLOUIN, 1998. MORMANN, 2004). A utilização desse sistema foi, por anos, limitada à aplicação em grandes empresas, como aeroespacial e automobilística. Isto ocorria, direta ou indiretamente, pelos custos envolvidos, desde software/hardware até a qualificação da mão de obra, requerendo usuários com maior grau de treinamento. Por sua vez, os custos relacionados diretamente aos softwares CAD/CAM estão bastante acessíveis atualmente, tornando sua utilização viável mesmo para pequenas empresas, isto devido à concorrência de mercado e a própria evolução desta tecnologia (LIGHMAN, 1998).

Os sistemas de prototipagem utilizados na construção dos biomodelos podem ser classificados em: Sistemas baseados em líquidos; Sistemas

baseados em pó; Sistemas baseados em sólidos (GOMIDE, 2000; GRELLMANN, 2001).

3.1 Sistemas de Prototipagem Baseados em Líquidos

3.1.1 Estereolitografia (SLA)

O primeiro sistema de prototipagem desenvolvido foi a estereolitografia, devido ao pioneirismo desta técnica, o termo estereolitografia é até hoje amplamente utilizado como sinônimo de prototipagem rápida. É a polimerização de uma resina líquida foto-sensível (acrílica, epoxica ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, com um feixe de laser UV (ultravioleta). A máquina de SLA contém uma cuba, que é preenchida com resina, contendo em seu interior uma plataforma móvel que se desloca verticalmente para baixo. O computador envia para a plataforma a primeira camada (fatia igual ao corte tomográfico) do modelo virtual a ser polimerizada e, para o feixe de UV, posiciona os espelhos galvanométricos que direcionam o feixe para a porção de resina correspondente a essa primeira camada. Quando essa camada é atingida pelo raio, os fotoiniciadores desencadeiam uma reação localizada que promove a formação de uma cadeia polimérica entre as moléculas do monômero dispersas na resina, ocorrendo a solidificação. Após a conclusão desse primeiro passo, a plataforma desce imergindo a primeira camada solidificada na resina líquida, para que a nova camada seja polimerizada sobre a primeira e, assim, sucessivamente até a conclusão do modelo. A estereolitografia supera as demais técnicas pela transparência, precisão e melhor acabamento do modelo (SOUZA, 2002).

3.2 Sistemas de Prototipagem Baseados em Pó

3.2.1 Sinterização Seletiva a Laser

Este sistema desenvolvido na Universidade do Texas (EUA), permite a construção de modelos físicos utilizando materiais na forma de pó. O pó é

processado em um ambiente inerte e termicamente controlado no interior de uma câmara. Ele atinge a temperatura de fusão (sinterização) por ação de um laser de dióxido de carbono. Depois que uma camada é sinterizada, uma nova é depositada e assim sucessivamente até finalizar a construção da peça. Este processo exige um trabalho de pós-processamento para melhorar o acabamento das superfícies e a sua grande vantagem é a variedade de materiais que podem ser utilizados, incluindo os metais (SOUZA, 2002).

3.3 Sistemas de Prototipagem Baseados em Sólidos

3.3.1 Modelagem por Deposição Fundida

A Modelagem por Deposição Fundida - FDM (Fused Deposition Modeling) baseia-se na deposição sobre uma plataforma de camadas resultantes do aquecimento e amolecimento de filamentos (arames) do material plástico destinado à confecção do modelo. Simultaneamente, outros fios amolecidos vão formando suportes para as superfícies livremente suspensas do modelo, a fim de que elas possam ser construídas. A máquina para a FDM possui uma plataforma revestida de uma espuma densa e flexível, que se movimenta no sentido vertical e um cabeçote provido de dois bicos extrusores de arames aquecidos: um para alimentar às camadas do modelo e outro para a construção automática dos suportes. Esses arames ficam estocados dentro da máquina, em ambiente a vácuo aquecido, pois a umidade do material dentro do bico extrusor poderia causar formação de bolhas, que impediria a continuidade de sua deposição pelo bico.

Os bicos extrusores funcionam como uma resistência e são alimentados por esses filamentos através de duas guias giratórias ligadas a um motor, que transferem para eles os arames estocados no rolo. O software da FDM é um misto CAD/CAM e não é integrado à máquina. Esta é conectada ao computador com o sistema CAM que monitora constantemente os comandos de construção. Para cada camada geram-se coordenadas ou caminhos pelos quais o bico extrusor vai depositando os fios fundidos. Ao final de cada camada

a plataforma desce e o cabeçote inicia a deposição de mais material para a outra camada, repetindo a operação até a conclusão do modelo. Conforme explicado, a plataforma da FDM é revestida de uma espuma que inviabiliza um paralelismo perfeito entre ela e o plano horizontal do cabeçote. Por esta razão, é necessária a construção prévia de uma base sólida para apoio do modelo e dos suportes (SOUZA, 2002).

Segue, a seguir, um quadro com as características peculiares de cada uma das três formas anteriormente descritas de confecção de protótipos:

PROCESSO	SLA	SLS	FDM
Precisão	Excelente	Boa	Regular
Contração	Boa	Excelente	Boa
Resistência	Boa	Excelente	Boa
Variedade de Material	Pequena	Grande	Pequena
Custo do Protótipo	Alto	Alto	Médio
Necessidade de Suporte	Sim	Não	Sim
Qualidade da Superfície para Acabamento	Boa	Excelente	Regular
Necessidade de Pós Processamento	Sim	Sim	Sim
Necessidade De Pós-cura	Sim	Não	Não

Fonte: Design, prototipagem rápida e seus meios-Parte III
(<http://materiodesign.blogspot.com/>)

Todo o processo de fabricação de um biomodelo só é justificado se este for útil no tratamento. A etapa de seleção do paciente deve ser considerada uma das mais importantes, sendo essencial, neste momento, observar a relação custo-benefício (BONGARTZ, 2008). Assim, a determinação das reais indicações, desconsiderando o modismo e o mercantilismo, é que determinarão o potencial desta nova tecnologia (PERRY, 1998. KERMER, 1999. MAZZONETTO, 2002).

Pode-se considerar que a maior validade de seu uso será em procedimentos cirúrgicos em que não existam técnicas cirúrgicas consagradas, ou quando estas necessitem ser modificada e/ou melhoradas. Com o protótipo em mãos, o cirurgião pode, durante a fase de planejamento, elaborar a técnica, avaliar detalhes, otimizar o procedimento, antecipar dificuldades e

principalmente, dar solução para estas (MEURER , 2007).

Os biomodelos também são ideais para ensinar e demonstrar cirurgias, sendo que estudantes, cirurgiões e radiologistas podem praticar um procedimento trabalhando neste e, assim, aprender técnicas sem riscos para os pacientes (SAILER, 1998).

4 METODOLOGIA

Foi realizada entre os meses de Setembro e Novembro de 2010 uma pesquisa nos sites de procura PubMed, Medline e Web of Science utilizando como palavras-chave os termos Prototipagem Rápida, Odontologia, Bioprotótipos, Métodos de Prototipagem, Cirurgia e Traumatologia Buco – Maxilo – Facial e anexado a esse trabalho o que, conforme julgamento dos pesquisadores, é necessário para o melhor entendimento do assunto proposto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Prototipagem Rápida na área odontológica tem sido cada vez mais expandida devido à busca pelos profissionais por métodos que possibilitem uma maior previsibilidade e segurança nos procedimentos cirúrgicos que realizam. A literatura é farta de exemplos de casos em que, com o uso desta tecnologia, foram obtidos benefícios como uma maior segurança nos procedimentos e a consequente diminuição no tempo das intervenções devido às simulações previamente realizadas e informações obtidas através da manipulação dos biomodelos. Sabe-se atualmente que o custo desta tecnologia já é acessível, todavia deve-se salientar a grande importância da adequada seleção do caso, visto que isto deverá justificar a finalidade da produção do bioprototipo. Os custos adicionais decorrentes da utilização desta tecnologia são compensados por uma maior segurança na cirurgia, menor chance de erros trans-operatórios e consequentemente uma diminuição na repetição de trabalhos. Este trabalho procurou mostrar como a Prototipagem Rápida pode auxiliar tanto cirurgiões dentistas com alto grau de experiência quanto àqueles que estão recém começando a sua prática profissional na área odontológica. O seu uso na odontologia é bastante recente necessitando de mais estudos que caminhem em paralelo com o desenvolvimento tecnológico.

5 REFERÊNCIAS

ALMOG, D.M.; TORRADO, E.; MEITNER, S.W. **Fabrication of imaging and surgical guides for dental implants.** J Prosthet Dent. 2001;85(5):504-8.

BONGARTZ, G. **Managing patient dose in computed tomography.** Disponível em www.ufrgs.br/ast/med/images/CTdose.pdf. Acesso em: 19 out., 2008.

DESIGN, prototipagem rápida e seus meios-Parte III. Disponível em: <<http://materiodesign.blogspot.com/>>. Acesso em: out 2010.

DURET, F.; BLOUIN, J.L.; DURET, B. **CAD-CAM in dentistry.** J. Am. Dent. Assoc. 1988; 117:715-20.

FOGGIATTO, J.A. **O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica.** Tecnol. humanismo. 2006;20(30):60-8.

GOMIDE, R.B. **Fabricação de componentes injetados em insertos produzidos por estereolitografia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

GRELLMANN, D.A. **Utilização das tecnologias de estereolitografia e microfusão para aplicações em prototipagem rápida e ferramental rápido.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

JAMES, W.J. *et al.* **Correction of congenital malar hypoplasia using stereolithography for presurgical planning.** Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Philadelphia, PA., v. 56, n.4, p. 512-7, Apr. 1998.

KERMER, C. **Preoperative stereolithographic model planning in craniomaxillofacial surgery.** Phidias Newsletter, n. 2, Jun. 1999. Disponível em: <<http://www.phidias.org/>>. Acesso em: 20 dez., 2001.

LANGLAND, O.E.; LANGLAIS, R.P. **Princípios de diagnóstico por imagem em odontologia.** São Paulo: Santos, 2002. Seção 3, Cap. 11: Técnicas radiográficas especiais, p. 265-287.

LIGHMAN A. **Image realization - physical models from scan data.** In: Proceeding of Spie Medical Image; 1998 feb.; San Diego, Ca.

MAZZONETO, R.; MOREIRA, R.W.F.; MORAES, M.; ALBERGARIA-BARBOSA, J.R.; PASSERI, L.A.; SPAGNOLI, D.B. **Uso de modelos estereolitograficos em cirurgia buco-maxilo-facial.** Revista da Apcd v.56,n.2 mar/abr 2002.

MEURER, I.M.; MEURER, E.; SILVA, J.V.L.; SANTA BÁRBARA, A.; NOBRE, L.F.; OLIVEIRA, M.G.; SILVA, D.N. **Aquisição a manipulação de imagen por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos.** Trabalho realizado na UFSC, 2007.

MORMANN, W.H. **The origin of the Cerec method: a personal review of the first 5 years.** Int J Comput Dent. 2004;7(1):11-24.

NASCIMENTO NETO, J.B.S.; RIVERA, C.V.P.; LIMA, D.L.; SANTOS, E.D. **Uso de guias cirúrgicos radiográficos em tomografias convencionais multidirecionais controladas por computador aplicadas a implantodontia.** Rev. Fac. Odont. Pernamb. 1997;15(1/2):44-7.

PECKITT, N.S. **Stereoscopic lithographic customizes titanium implants in orofacial reconstruction.** British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Edinburg, v. 37, n.5, p. 353-69, Oct. 1999.

PERRY, M. *et al.* **The use of computer-generated three-dimensional models in orbital reconstruction.** Brit. J. oral Maxillof. Surg., Edinburgh, v. 36, n. 4, p. 275-84, aug., 1998.

SAILER, H.F.; HAERS, P.E.; ZOLLIKOFER, C.P.; CARLS, F.R.; STUCKI, P. **The value of stereolithographic models for preoperative diagnosis of craniofacial deformities and planning surgical corrections.** Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 1998 Oct;27(5):327-33.

SANTA BARBARA, A. **Processamento de imagens médicas tomográficas para modelagem virtual e física – o software InVesalius.** Ailton Santa Barbara [Tese], Campinas, SP [Sn], 2006.

SOUZA, M. A. **Integrando Reconstrução 3D de Imagens Tomográficas e Prototipagem Rápida para fabricação de Modelos Médicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2002.

THOMÉ, G. **Planejamento virtual para soluções reais**. Implantnews. 2007;4(4):372-5.

VAN STEENBERGHE, D. *et al.* **A custom template and definite prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: A Clinical report**. Int. J. Oral Maxillofac. Implants, Lombard, v. 17, n. 5, p. 663-667, Sep-Oct. 2002.

