

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BERNARDO SALIM SILVEIRA

Orientador: Prof. Dr. JOÃO BATISTA BURZLAFF

UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS E SISTEMAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA
NA ODONTOLOGIA.

Porto Alegre
2010

BERNARDO SALIM SILVEIRA

UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS E SISTEMAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA
NA ODONTOLOGIA.

Trabalho de Conclusão de Curso para
graduação em Odontologia da
Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, como requisito
Final para a obtenção do grau de
Cirurgião-
Dentista.

Orientador: Dr. João Batista Burzlaff

Porto Alegre
2010

RESUMO

A palavra prototipagem significa o ato de produzir um protótipo. Os biomodelos de Prototipagem Rápida são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e ultra-sonografia, podendo ser utilizados com objetivos didáticos, na fabricação de implantes protéticos personalizados, no diagnóstico precoce de patologias e no tratamento de deformidades faciais facilitando, também, a comunicação entre profissional e paciente. Na odontologia, a prototipagem é utilizada principalmente nas áreas de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial, implantodontia, prótese dentária e ortodontia. Os sistemas CAD-CAM têm se expandido muito ao longo dos anos. Os materiais utilizados para a confecção dos protótipos variam de acordo com a finalidade da produção do protótipo e a técnica de prototipagem a ser utilizada. Os bioprotótipos em odontologia são fabricados com o intuito de simular o tecido ósseo da maneira mais precisa possível. O objetivo do presente trabalho é, através de uma revisão de literatura, analisar os tipos e propriedades dos materiais utilizados em prototipagem rápida passíveis de uso na odontologia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo Geral	6
2.2 Objetivo Específico	6
3 REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 O que são Biomodelos?	7
3.2 Prototipagem na Odontologia	7
3.3 Sistemas CAD/CAM	8
3.4 Tecnologia CAD/CAM a serviço da Odontologia	8
3.5 Digitalização Tridimensional	10
3.6 Tomografia Computadorizada	11
3.7 Prototipagem Rápida	11
3.8 Materiais utilizados em Protótipos	14
3.9 Tipos e Propriedades do Tecido ósseo	14
4 METODOLOGIA	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6 REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

A palavra prototipagem significa o ato de produzir um protótipo e de preferência que seja rápido. A finalidade básica de qualquer protótipo é ser avaliado, aprovado ou corrigido, antes do início da produção em larga escala. A prototipagem rápida é utilizada, além da odontologia, largamente na fabricação de calçados. Os modelos impressos através da prototipagem rápida auxiliam o profissional no diagnóstico e planejamento cirúrgico, aumentando a precisão e rapidez nos procedimentos, reduzindo riscos cirúrgicos, tempo e custos hospitalares, além de estimular a confiança e trazer conforto ao paciente e diminuir as chances de erro do cirurgião (SCHAFFER, 2006). Procedimentos odontológicos guiados por computador tornaram-se fundamentais à realidade da nossa profissão, de maneira que, na clínica diária, já dispomos, há algum tempo, de coroas e infra-estruturas personalizadas, baseadas em tecnologia CAD/CAM, utilização de imagens em 3D e protótipos que viabilizam análise prévia e planejamento cirúrgico protético. Com a evolução da prototipagem biomédica surge o conceito de cirurgia guiada por computador, importante ferramenta de análise-diagnóstica, na qual é possível planejar e executar, na tela do computador a partir de um software específico e, num segundo momento, no próprio paciente, cirurgias para instalação de implantes e próteses, de forma rápida e previsível (CARVALHO, 2007).

A densidade óssea desempenha papel fundamental à determinação da técnica de eleição e previsibilidade do implante (KAYATT, 2008). Portanto, o protótipo ósseo desenvolvido a partir de uma imagem em 3D deve ter propriedades que sejam mais próximas possível do tecido ósseo humano do paciente que será submetido ao procedimento cirúrgico. Os materiais para confecção desses protótipos mais utilizados atualmente são as placas de poliuretano de baixa densidade e dureza (FREITAS, 2006). O objetivo do presente trabalho é, através de uma revisão de literatura, analisar as propriedades dos materiais utilizados para a confecção de protótipos ósseos ,

comparando as suas propriedades com o tecido ósseo mais frequentemente encontrado nos maxilares.

2 OBJETIVOS:

2.1.OBJETIVO GERAL

Procurar alternativas para facilitar o planejamento e o procedimento cirúrgico em implantes odontológicos.

2.2.OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo do presente trabalho é, através de uma revisão de literatura, analisar os tipos e propriedades dos materiais utilizados em prototipagem rápida passíveis de uso na odontologia.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O que são biomodelos?

Os biomodelos de Prototipagem Rápida são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e ultra-sonografia, podendo ser utilizados com objetivos didáticos, na fabricação de implantes protéticos personalizados, no diagnóstico precoce de patologias e no tratamento de deformidades faciais facilitando, também, a comunicação entre profissional e paciente (JAMES *et al.*, 1998).

3.2 Prototipagem na Odontologia

A utilização da prototipagem teve início na década de 80 e vem se tornando popular na área da saúde. Na odontologia, a prototipagem é utilizada principalmente nas áreas de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial, implantodontia, prótese dentária e ortodontia (SCHAFFER, 2006 ; FREITAS 2010).

Os biomodelos permitem a mensuração de estruturas, a simulação de osteotomias e de técnicas de ressecção além de um completo planejamento dos mais diversos tipos de cirurgia da região buco-maxilo-facial. Isto tende a reduzir o tempo do procedimento cirúrgico e, conseqüentemente, o período de anestesia, bem como o risco de infecção, havendo ainda melhora no resultado e diminuição no custo global do tratamento (PECKITT, 1999 e SAILER *et al.*, 1998).

Em Implantodontia, a Prototipagem Rápida permitiu a confecção de modelos tridimensionais que mostram altura, largura e profundidade do local previsto para o implante. Isso traz mais segurança, proporcionando cirurgias seguras e auxiliando tanto na conduta do profissional como na integridade do paciente. (GRANDO, 2005). São duas as principais aplicações da prototipagem rápida dentro da implantodontia: a confecção de biomodelos e, mais

recentemente, a confecção de guias cirúrgicas construídas a partir de planejamentos cirúrgicos virtuais (MENEZES, 2008).

Em Ortodontia, é possível separar os dentes do osso através do estudo tomográfico e criar um protótipo apenas dos dentes, o que permite a avaliação da dentição do paciente, inclusive o posicionamento exato de dentes inclusos, o que auxilia na elaboração do diagnóstico e plano de tratamento do paciente (BALEM, 2010).

A Odontologia atual exige padrões de qualidade muito superiores aos verificados no século passado, sob dois níveis fundamentais: funcionalidade e estética.

Em prótese dentária, a tecnologia CAD-CAM tem sido utilizada, principalmente, na produção de restaurações de prótese fixa como, por exemplo, coroas, pontes e facetas. Várias empresas têm desenvolvido sistemas CAD-CAM de alta tecnologia, que se baseiam em três componentes fundamentais: sistema de leitura da preparação dentária (*scanning*), software de desenho da restauração protética (*CAD*) e sistema de fresagem da estrutura protética (*CAM* ou *milling*) (FREITAS, 2008).

3.3 Os Sistemas CAD-CAM

Até a década de 70, as cavidades com geometrias tridimensionais eram produzidas por fresamento de cópia. O advento dos sistemas CAD-CAM, aliados às máquinas-ferramentas de três eixos, com movimentos simultâneos e controladas numericamente, denominado Comando Numérico Controlado (CNC), trouxeram grandes evoluções para a área de moldes. Não mais era preciso dispor do modelo do produto para fabricar a cavidade; podia-se então, fabricar moldes com as mais variadas geometrias. A partir desse momento, começaram os estudos para tentar descrever o processo e aperfeiçoar o sistema (FREITAS, 2006).

3.4 Tecnologia CAD-CAM a serviço da Odontologia

A implementação da tecnologia CAD-CAM, com seus diversos sistemas, ajudou a surtir um efeito, não no sentido de uma “produção em série” (antes pelo contrário), mas sim num aperfeiçoamento do procedimento cirúrgico e das restaurações em geral, pela utilização do desenho e da confecção, assistidas por computador. O fato de serem tecnologias essencialmente informatizadas exige do clínico e do laboratório uma adaptação das dinâmicas de trabalho de forma a rentabilizar o investimento efetuado. (FREITAS, 2008).

Os sistemas CAD-CAM têm se expandido muito ao longo dos anos (KINDLEIN, 2006). Estes sistemas permitem realizar tarefas altamente técnicas mais rapidamente com maior facilidade, maior precisão e com gastos econômicos menores do que os métodos mais antigos e tradicionais (PRESTON, 1984). Os sistemas CAD-CAM permitem, respectivamente, integrar as tarefas de projeto, simular/otimizar o produto e efetuar sua prototipagem/fabricação (KINDLEIN, 2006). Dentre os sistemas CAD-CAM destacam-se o *CEREC*®, desenvolvido na Universidade de Zurique, o sistema *CEREC* foi o primeiro sistema CAD-CAM a alcançar êxito clínico e comercial; o *Procera*®, até o momento, o sistema *Procera/AllCeram*® produziu mais de 5 milhões de unidades protéticas, revelando-se, assim, como um dos sistemas CAD/CAM de maior êxito; o *Lava*®, o sistema *Lava*® possibilita a fabricação de coroas e pontes de cerâmica anteriores e posteriores; o *Everest*®, que é um sistema que inclui uma máquina de digitalização, um *software* CAD, uma máquina de fresagem e um forno para sinterizar a cerâmica (FREITAS, 2008).

Existem duas metodologias para o desenvolvimento de produtos, a metodologia convencional e a não convencional. Nas não convencionais, cujas técnicas permitem capturar a geometria da peça ou protótipo, aplica-se quando se precisa simular e otimizar moldes já existentes sem informação em CAD e gerar um modelo que será usado em sistemas CAM (SOKOVIC, 2005). Nas convencionais, o início se dá pela modelagem geométrica utilizando um sistema CAD, e na seqüência o arquivo gerado pelo sistema CAD é importado por um sistema CAM.

3.5 Digitalização Tridimensional

A Digitalização Tridimensional consiste em se desenvolver modelos virtuais a partir de objetos já existentes fisicamente. A necessidade de criação destes modelos pode ter causas variadas, tendo em vista que a técnica tem aplicações em diferentes áreas do conhecimento. Com o processo de digitalização tridimensional, obtém-se com grande precisão detalhes de superfícies, texturas e objetos. Através dos modelos em três dimensões (3D) digitalizados podem ser realizadas análises de superfície, medidas de desgaste e construção de moldes (KINDLEIN, 2006). O método de scanneamento 3D a LASER traz uma maior automação na aquisição de dados (FERREIRA,2003). A Digitalização Tridimensional a LASER é um método rápido e preciso no eixo Z, sendo também possível digitalizar materiais macios (que se deformem com o contato) ou até mesmo líquidos (SOKOVIC, 2005). Atualmente, essa técnica tem aplicações muito importantes devido a sua grande versatilidade, proporcionando sua utilização em diferentes áreas (CASTLE ISLAND, 2005).

A seguir, são citadas algumas das aplicações da técnica de Digitalização Tridimensional a Laser: Aquisição de texturas naturais, segundo Kindlein, 2004: “O Scanneamento Tridimensional a Laser é o único método para obtenção de texturas do qual se obtém a textura tátil de um elemento, tal qual a percebemos na natureza.”; Análises Superficiais, segundo Kindlein, 2006: “medidas de desgaste, rugosidade e área superficial.” e Medida do Centro de Massa, segundo Kindlein, 2006: “a partir de um modelo pode-se medir o centro de massa de um objeto”. Diversos sistemas de digitalização estão disponíveis sendo divididos em: sistemas com contato e sistemas sem contato com a forma. Os sistemas baseados em contato são normalmente bastante úteis para formas simples, onde poucos pontos são necessários e são os do tipo Braço Mecânico, Triangulação Ultra-sônica, Triangulação Eletromagnética, Apalpamento em Máquina de Fresamento e Apalpamento em Máquinas de Medição por Coordenadas . Já a digitalização óptica (sistema sem contato) é mais precisa e rápida e seus sistemas são de Triangulação Laser de Varredura

por Ponto, Conoscópico, Triangulação Laser de Varredura por Linha, Triangulação por Cores com Câmaras CCD (Couple Charge Devices), Fotogrametria por Fotografias Digitalizadas, Radar Laser, Tomografia, Tunelamento, Moiré de Projeção e Luz Infravermelha e CCD Linear (KINDLEIN,2006). Em odontologia, o sistema de digitalização tridimensional mais utilizado para a obtenção de protótipos ósseos é a Tomografia Computadorizada.

3.6 Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada é um processo de digitalização com raio X de grande intensidade e permite a obtenção de coordenadas de superfícies exteriores e interiores da forma. A digitalização pode ser feita com incertezas de 0,005mm para formas pequenas e de 1,00mm para formas de aproximadamente 1,0 metro. A tomografia vem sendo largamente utilizada na medicina e na biomecânica, na obtenção de imagens no interior do corpo humano que podem ser processadas para a obtenção de modelos tridimensionais para próteses ou implantes (FREITAS, 2006).

A aquisição de imagens a partir de uma tomografia computadorizada helicoidal fornece uma sequência de seções transversais da região de interesse. Utilizando um programa de reconstrução 3D é possível transformar essas imagens bidimensionais em um modelo tridimensional, que poderá ser utilizado na fabricação de um biomodelo em uma máquina de Prototipagem Rápida. As imagens no tomógrafo são obtidas através de cortes axiais na região desejada e o equipamento deve estar ajustado para a menor espessura possível, pois quanto menor esse valor melhor será a qualidade do modelo (FOGGIATTO, 2006).

3.7 Prototipagem Rápida

A Prototipagem Rápida é uma tecnologia inovadora desenvolvida nas últimas duas décadas. Ela visa produzir protótipos de forma relativamente

rápida para inspeção visual, avaliação ergonômica, análise de forma/dimensional e como padrão mestre para a produção de ferramentas para auxiliar na redução de tempo do processo de desenvolvimento de produtos (CHOI e CHAN, 2004). Para Palm (1998), o termo Prototipagem Rápida refere-se a uma classe de tecnologias que pode automaticamente construir modelos físicos a partir de dados de um projeto auxiliado por computador (CAD).

A utilização da Prototipagem Rápida no processo de desenvolvimento de produtos apresenta os seguintes pontos fortes: (i) sua capacidade de produzir formas tridimensionais complexas e detalhadas; (ii) a redução de *lead times* para peças únicas; (iii) a possibilidade de sua instalação em ambientes não industriais, devido à baixa geração de ruídos ou desperdícios (MODEEN, 2005).

As tecnologias de Prototipagem Rápida se dividem em duas categorias principais: os métodos com remoção de material e com adição de material. A primeira requer um processo no qual uma ferramenta “subtrai” material, através da utilização de uma variedade de diferentes tipos de fresas, de diferentes materiais, que é gradualmente reduzido para a réplica física do modelo original desenhado em CAD. No segundo caso, o modelo físico é construído sequencialmente, uma camada sobre a outra até formar uma cópia analógica de seu original digital em CAD (FERREIRA, 2001). Dentre as técnicas de prototipagem rápida por remoção de material destacamos a técnica de usinagem CNC. Essa técnica consiste na utilização de equipamentos que permitam altas velocidades de corte e de avanço para trabalhar com materiais duros e de difícil usinabilidade como o Poliuretano injetável expandido, por exemplo, criando assim uma fresadora CNC High Speed (alta velocidade) para trabalhar com as ferramentas necessárias e nas condições de usinagem requeridas pelos materiais (FREITAS, 2008).

No entanto, as técnicas de Prototipagem Rápida por adição de material empregam um processo de geração do protótipo dividido em três fases: pré-processamento, processamento do protótipo rápido e pós-processamento. Na

primeira fase, em um software de desenho 3D, tal como o Solidworks, cria-se um modelo da peça que, depois de pronto, é exportado como um arquivo com extensão STL. O equipamento de prototipagem processa esse arquivo fatiando em diversas camadas o sólido desenhado em 3D. Em seguida, na fase de processamento do protótipo rápido, o equipamento cria a primeira camada (ou fatia) do modelo físico e abaixa o modelo até a altura da espessura da próxima camada, repetindo-se esse processo até a completa construção do modelo sólido. Finalmente, na última fase, o modelo e seus suportes são removidos e é dado o acabamento final (em alguns casos, é necessário um processo final de cura ou ainda um tratamento da superfície) da peça física (PALM, 1998). Dentre essas técnicas encontram-se a Estereolitografia (SLA), Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM, Fused Deposition Modeling) e Modelagem por Jato de Tinta (MJM, Multi Jet Modeling), destacando-se, entre essas, a primeira (MELLO et al, 2006).

A SLA consiste em um processo que baseia-se na polimerização de uma resina foto-sensível (acrílica, epóxi ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, através de um feixe de laser ultra-violeta (BADOTTI, 2003). A máquina de SLA contém uma cuba, preenchida com a resina, no interior da qual há uma plataforma que se movimenta de cima para baixo. O computador envia para a plataforma a primeira fatia (camada) do modelo virtual a ser polimerizada. O controle numérico da máquina posiciona essa plataforma na superfície da resina e os espelhos galvanométricos direcionam o feixe de laser para a porção de resina correspondente a essa primeira camada. Quando essa camada é atingida pelo laser, 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 nova camada seja polimerizada sobre a primeira, e assim sucessivamente até a conclusão do modelo (ARTIS, 2006). Uma vez pronto, o modelo sólido é removido do banho de polímero líquido e lavado. Os suportes são retirados e o modelo é introduzido num forno de radiação ultravioleta para ser submetido a

uma cura completa (GORNÍ, 2003). É importante salientar o custo muito elevado para a produção de protótipos através dessa técnica.

3.8 Materiais utilizados em protótipos

Os materiais utilizados para a confecção dos protótipos variam de acordo com a finalidade da produção do protótipo e a técnica de prototipagem a ser utilizada.

Quando se pensa em guia cirúrgico, segundo BADOTTI (2003), o material de preferência é resina acrílica.

No entanto, para protótipos mandibulares que servem para auxiliar no planejamento pré-operatório e para fins didáticos, os materiais mais utilizados para a fabricação de protótipos são placas de poliuretano (PU) de baixa densidade ($0.52-0.57 \text{ g/cm}^3$) e dureza (50 ShD), próprias para rápida usinagem em máquinas CNC (Comando Numérico Controlado). Além das placas de PU, também são utilizados materiais alternativos como borrachas prensadas com texturas próprias, couro e outros tipos de produtos que servem, basicamente, para agregar textura aos produtos (FREITAS, 2006).

3.9 Tipos e Propriedades de Tecido Ósseo

Os bioprotótipos em odontologia são fabricados com o intuito de simular o tecido ósseo da maneira mais precisa possível.

Os dois principais tipos de tecido ósseo são o trabecular, uma estrutura de aspecto esponjoso; e o cortical, mais sólido e formado por lamelas ósseas. Além das diferenças estruturais, os dois tipos diferem também quanto a outros aspectos como a distribuição espacial das células, densidade da matriz mineralizada, distribuição dos vasos sanguíneos e área ocupada pela medula óssea (VIEIRA, 1999). O esqueleto ósseo consiste de 70% a 80% de ossos corticais e 20% a 30% de ossos trabeculados. Essa proporção varia de acordo

com a região do esqueleto. A literatura é controversa quanto à variabilidade das leituras de densidades ósseas nos diferentes sítios esqueléticos (SCHEIBEL et al, 2009). Segundo Roberts et al, 1987, existem quatro diferenças macroscópicas do osso quanto à sua densidade, e são elas: osso cortical denso, cortical poroso, trabecular grosseiro e trabecular delgado. Segundo a classificação de Misch, que classificou as densidades macroscópicas ósseas em D1, D2, D3 e D4, D1 é osso cortical denso; D2 vai do denso ao cortical poroso na crista e dentro do osso trabecular grosseiro; D3 possui uma crista cortical porosa mais fina e osso trabecular delgado; e D4 quase não possui osso cortical na crista. O senso tátil da colocação de um implante em D1 é similar à perfuração no carvalho, no D2, simular a perfuração ao pinho branco (mais rígida), no D3, à madeira de balsa (menos rígida) e, por fim, no D4, à perfuração em isopor. Os tipos de ossos mais encontrados em maxila e mandíbula são, respectivamente, D3 (50% em região posterior e 65% em região anterior) e D2 (50% em região posterior e 66% em região anterior) o que demonstra maior densidade em mandíbula quando comparada à maxila.

Segundo Yang et al, 2002, a densidade óssea alveolar normal é de $1,850\text{g/cm}^3$ embora esse valor tenha sido obtido por um cálculo de uma unidade cúbica em um exame bidimensional (radiografia periapical). Já Scheibel et al, 2009, afirma que o valor normal de densidade mandibular é de $0,983\text{g/cm}^2$ e visto que o desvio padrão de sua pesquisa fora de $0,3\text{g/cm}^2$ considera razoável supor que “se o valor densitométrico mandibular apresentar-se acima de $1,3\text{g/cm}^2$, a densidade estaria aumentada e, ao contrário, se o valor mandibular apresentar-se abaixo de $0,7\text{g/cm}^2$, a densidade estaria diminuída”.

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 *Odontologia, Implantodontia, Cirurgia e Traumatologia Buco - Maxilo - Facial, Prototipagem, Prototipagem Rápida, Bioprotótipos, Tipos de Protótipos, Materiais para Protótipos, Obtenção de Protótipos, Tecido Ósseo, Propriedades de Tecido Ósseo* e anexado a esse trabalho o que, conforme julgamento dos pesquisadores, é necessário para o melhor entendimento do assunto proposto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A odontologia tem evoluído rapidamente nas últimas décadas, mais precisamente a partir da década de 80, tanto em teorias quanto em tecnologias para o desenvolvimento dos procedimentos clínicos e de diagnósticos precoces. Os sistemas de obtenção de protótipos, os chamados *sistemas CAD/CAM*, que proporcionam uma grande agilidade clínica aos que os utilizam são renovados quase que constantemente. Com essa evolução, se fazem necessários o aperfeiçoamento e a constante atualização de profissionais bem como de laboratórios e clínicas radiológicas através da modernização de seus equipamentos e capacitação de seus trabalhadores.

É necessária a correta seleção de caso por parte do profissional visando vantagens e desvantagens desses sistemas e tecnologias para que se tenha uma boa relação custo-benefício.

Os materiais de maior indicação para casos de confecção de protótipos como forma de propiciar simulação de procedimentos cirúrgicos odontológicos didaticamente são aqueles que apresentam baixa densidade e dureza, equivalentes aos tipos ósseos D3 e D4, visto que essas características geram um maior controle motor por parte do aluno facilitando sua adaptação cirúrgica aos ossos dos tipos D1 e D2.

Porém, são necessários novos estudos para a obtenção de dados mais precisos (numericamente) quanto a densidade e dureza dos materiais utilizados para a confecção de protótipos didáticos para a colocação de implantes dentários.

REFERÊNCIAS

ARTIS. **Tecnologias de prototipagem – estereolitografia SLA**. In: (<http://www.artis.com.br>), 2006. Acesso em 11/06/2010.

BADOTTI, A.V.B. **Avaliação do processo de metalização superficial aplicado às peças obtidas por estereolitografia**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BALEM, F.P. **A utilização da prototipagem rápida na odontologia**. 2010. 19 f. Monografia (Especialista em radiologia odontológica e imaginologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CASTLE ISLAND CO. Mechanical Touch-probe Systems. In: **Worldwide Guide to Rapid Prototyping**, 2005. (http://home.att.net/~castleisland/scn_02htm). Acesso em 17/05/2010.

CARVALHO, R.S.; FRANCISCHONE, Jr C.E.; KOBAYASHI, F.M.; SCARAFISSI, P.F.S.; COSTA, A.P.R.M.; FRANCISCHONE, C.E. Novo implante P-I Bränemark Philosophy™ e cirurgia guiada por computador: inovações tecnológicas inaugurando uma nova era na implantologia. **Rev. Dental Press Periodontia Implantol.**, Maringá, v.1, n.3, p. 74-86, jul./ago.set. 2007.

CHOI, S.H.; CHAN, A.M.M. A virtual prototyping system for rapid product development. **Computer-Aided Design.**, n.36, p. 401-412, 2004.

FERREIRA, J.M.G.C.; ALVES, N.M.F.; MATEUS, A.J.S.; CUSTÓDIO, P.M.C. Desenvolvimento integrado de produtos e ferramentas por metodologias de engenharia inversa e prototipagem rápida. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis/SC. **Anais do 3º Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de**

produto, 2001.

FERREIRA, J. Integration of reverse engineering and rapid tooling in foundry technology. **Journal of Materials Processing Technology**, nº142, p.374-382, 2003.

FOGGIATTO, J.A. Ouso da prototipagem rápida na área médico-odontológica. **Revista Tecnologia e Humanismo**. 2006; 30.

FREITAS, G. **Metodologia e aplicabilidade da digitalização 3D a laser no desenvolvimento de moldes para calçados e componentes**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FREITAS, G. **Tecnologia CAD-CAM-CNC a serviço da odontologia**. 2008. 29 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FREITAS, S.A.P. et al., Uso da prototipagem biomédica na odontologia. **Odontol. Clín. Cient.**, v.9, n.3, p. 223-227, jul./set. 2010.

GORNI, A.A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. In: (<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>), 2006. Acesso em 11/06/2010.

GRANDO, N. **Segmentação de Imagens Tomográficas, visando à construção de Modelos Médicos**. Curitiba; 2005. Mestrado (Dissertação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

JAMES, W. J. *et al.*, Correction of congenital malar hypoplasia using stereolithography for presurgical planning. **J. oral & Maxillof. Surg.**, Philadelphia, PA., v. 56, n. 4, p. 512-7, apr., 1998.

KAYATT, F.E.; KAYATT, D.L.; JUNIOR, I.R.G. Carga protética imediata ou precoce sobre implante dental osseointegrável: estudo retrospectivo de cinco anos. **RGO**, Porto Alegre, v.56, n.2, p. 137-142, abr./jun. 2008.

KINDLEIN, W Jr. A natureza como fonte de inspiração para a criação e desenvolvimento de texturas aplicadas ao design industrial. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 6., 2004, São Paulo/SP. **Anais do 6º Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design**, 2004.

KINDLEIN, W.Jr.; FREESE, S.H.; SILVA, F.P. A digitalização tridimensional a laser como ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 7., 2006, Curitiba/PR. **Anais do 7º Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design**, 2006.

MELLO, C.H.P; SILVA, C.E.S; COSTA, S.C. Comparação de três diferentes tecnologias de prototipagem rápida em relação a critérios de custo e tempo. In.: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2006, Fortaleza/CE. **Anais do 9º Encontro nacional de engenharia de produção**, 2006

MENEZES, P.D.F.; SARMENTO, V.; LAMBERTI, P. Aplicação da prototipagem rápida em implantodontia. **Innovations Implant Journal**, v.3, n.6, p. 39-44, set./dez. 2008.

MODEEN, T. CAD/CAM. The use of rapid prototyping for the conceptualization and fabrication of architecture. **Automation in Construction**, n.14, p. 215-224, 2005.

PALM, W. **Rapid Prototyping Primer. The learning factory**. In: (<http://www.mne.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.html>), 1998. Acesso em 17/05/2010.

PECKITT, N. S. Stereoscopic lithography: customized titanium implants in orofacial reconstruction. **Brit. J. oral Maxillof. Surg.**, Edinburgh, v. 37, n. 5, p. 353-69, oct., 1999.;

PRESTON, E. **CAD/CAM systems: justification, implementation, productivity measurement.** Nova York: Marcel Dekker. 1984.

ROBERTS, E.W.; TURLEY, P.K.; BREZNIAK, N.; FIELDER, P.J. Implants: bone physiology and metabolism. **Journal Calif. Dent. Assoc.**, California, v.15, p. 54-61, 1987.

SAILER, H. F. et al., The value of stereolithographic models for preoperative diagnosis of craniofacial deformities and planning of surgical corrections. **Int. J. oral Maxillof. Surg.**, Copenhagen, v. 27, n. 5, p. 327-33, oct., 1998.

SCHAFFER, M.; REBELLATO, N.L.B.; COSTA, D.J.; MÜLLER, P.R. Prototipagem rápida em odontologia. **Revista Dens.**, v.14, n.2, p.54, nov./abr. 2006.

SCHEIBEL, P.C.; MATHEUS, P.D.; ALBINO, C.C.; RAMOS, A.L. Correlação entre a densidade óssea mandibular, femural, lombar e cervical. **Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial [online]**, Maringá, v.14, n.4, p. 111-122, jul./ago., 2009.

SOKOVIC, M. RE (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development. **Journal os Materials Processing Technology**, 2005.

VIEIRA, J.G.H. Considerações sobre os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo e sua utilidade prática. **Arq. Brasileiro Endocrinol. Metabol.**, São Paulo, v.43, n.6, p. 415-422, dez. 1999.

YANG, J.; CHIOU, R.; RUPRECHT, A.; VICARIO, J.; MACPHAIL, L.A.; RAMS, T.E. A new device for measuring density of jaw bones. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v. 31, n.5, p. 313-316, Sept., 2002.