



Determinação da expansão na modelagem em CAD de estruturas metálicas de próteses parciais removíveis confeccionadas por manufatura aditiva

Resumo

As Próteses Parciais Removíveis (PPR) são próteses dentárias bastante utilizadas na odontologia e são indicadas para restaurar e manter a função oral, a estética e a saúde dos pacientes, repondo dentes perdidos ou ausentes, substituindo e, principalmente, preservando o tecido gengival e o rebordo alveolar remanescentes (Campbell et al., 2017). Além disso, as PPRs podem ser removidas e recolocadas em boca sempre que necessário, de fácil uso, podendo ser usadas por pacientes jovens ou idosos onde exista um edentulismo parcial. Por serem consideradas acessíveis do ponto de vista econômico, beneficiam uma grande parcela da população gerando demanda de serviços nos laboratórios de prótese dentária (Douglass et al., 2002).

Dentre os modelos de próteses dentárias removíveis, destacam-se aquelas que possuem uma estrutura metálica de metal fundido e uma base de resina acrílica onde são fixados os dentes artificiais. As PPRs com estrutura metálica tendem a preservar melhor os elementos dentários remanescentes, a mucosa e o tecido ósseo sadio (Boçari et al., 2014), desde que o planejamento e o desenho da estrutura metálica tenham sido executados dentro dos princípios de biocompatibilidade com o sistema estomatognático.

O metal mais utilizado para a confecção das estruturas metálicas para PPR é uma liga a base de cobalto (62-65%), cromo (23-31%) e molibdênio (4.5-5.5%) (Knezoviê-zlatariê, 2003). A liga de CoCr apresenta adequada resistência mecânica, adequada resistência à corrosão no meio bucal, é estável e inerte em altas temperaturas, tem baixa densidade e produz estruturas mais leves e menos volumosas, sendo durável e apresentando boa retenção e estabilidade (Anan et al., 2015).

O processo de confecção de estruturas metálicas para PPRs de forma convencional possui fatores que podem resultar em falhas (Gualdiano et al., 2013), como porosidades e desadaptações na estrutura metálica (Carreiro et al., 1999). Além das avarias mencionadas, as etapas de um processo tradicional para a fabricação das estruturas metálicas para PPRs também são pouco sustentáveis do ponto de vista ambiental. Cerca de apenas 30% dos resíduos produzidos da liga de CoCr podem ser reutilizados em nova fundição (Komilis et al., 2009).

Diante dos problemas mencionados, a fabricação das estruturas metálicas por manufatura aditiva (MA) tem se apresentado como uma tendência com potencial para substituir a técnica tradicional (Barazanichi et al., 2017). As peças produzidas por manufatura aditiva podem ter diferentes e complexas geometrias e com alta precisão, sendo capazes de imprimir detalhes tão pequenos como 0,3 mm, desde que se respeite as regras da tecnologia utilizada (Volpato et al., 2017).

Por outro lado, entre as poucas limitações da manufatura aditiva, as peças produzidas por esta técnica podem apresentar porosidades tornando-as mais frágeis quando submetidas a forças mastigatórias, o que pode ser observado radiograficamente (Fig. 01). Isso é consequência da complexa geometria das infraestruturas metálicas, que para serem impressas, precisam de suportes de construção e estes podem coincidir com áreas críticas da peça gerando marcas ou desigualdades nas mesmas após sua remoção (Fig. 02 e 03). Corroborando esta ideia, os trabalhos realizados em nosso grupo demonstram que a impressão de uma estrutura metálica de PPR em tecnologia aditiva, requer uma avaliação do quanto de material a mais é necessário acrescentar para que, no momento do acabamento e polimento, se obtenha uma estrutura metálica com resistência suficiente para resistir as cargas resultantes da mastigação.

Assim o objetivo desse trabalho será avaliar a expansão final necessária das estruturas modeladas em CAD (Computer Aided Design) para a garantir a rigidez final adequada da estrutura metálica após o processo de polimento. Quatro grupos serão formados, sendo um o grupo controle e os outros três experimentais. Para o grupo controle as PPRs seguirão as etapas tradicionais de fabricação: moldagem, seguida da produção de modelos em gesso, duplicação, enceramento, inclusão em revestimento, aquecimento e fundição, eliminação dos condutos de alimentação, acabamento e polimento das peças. Para os grupos experimentais, o desenho de uma estrutura metálica confeccionada para reabilitar uma paciente classe III de Kennedy será modelada em um modelo virtual através de CAD. Após o modelo CAD sofrerá uma expansão de 2.5 % ou 5% a partir das estruturas que não estão em contato com a superfície dental. A estrutura sem expansão, mas confeccionada por tecnologia aditiva será o quarto grupo. Na sequência, todas as estruturas receberão polimento mecânico adequado e a resistência a fratura dos retentores será avaliada por meio de uma máquina de ensaio universal. O peso e a análise radiográfica das estruturas metálicas também serão avaliados. Os testes estatísticos e número amostral será determinado após experimento piloto e análise exploratória dos dados.

Materiais e Métodos do Plano Inicial

Delineamento Experimental:

Estruturas metálicas para PPR serão obtidas pela técnica tradicional (grupo controle) ou pela manufatura aditiva. Para os grupos produzidos em manufatura aditiva, os desenhos dos elementos constituintes serão impressos sem expansão (grupo experimental 01) expandidos em 2.5% (grupo experimental 02) ou 5% (grupo experimental 03). Após o acabamento e polimento, as estruturas metálicas serão analisadas quanto a sua resistência a flexão, peso e análise qualitativa (exame radiográfico).

Confecção das Estruturas Metálicas

Para a fabricação das estruturas metálicas para as PPR convencionais, modelos de gesso serão delineados para planejamento e realizado os alívios dos ângulos mortos em cera. Em sequência, os modelos aliviados serão duplicados em revestimento fosfatado (Crom-O-Cast – Polidental), receberão um banho de cera, escultura em cera das estruturas metálicas, inclusão em revestimento fosfatado (Crom-O-Cast – Polidental), obtenção do molde para fundição, eliminação da cera em forno para anéis à gás, injeção do metal no molde de revestimento com liga Remanium GM 380 + CoCr fundida com maçarico e injetado através de uma centrífuga universal, desinclusão da estrutura metálica, acabamento, polimento e adaptação no modelo de trabalho em gesso.

Para os grupos da Técnica aditiva com impressão por fusão à laser de leito de pó metálico, modelos de gesso serão escaneados em escâneres de bancada e a modelagem do desenho das estruturas metálicas serão realizados em software específicos para desenho de PPRs dentro do sistema Dental Wings – DWOS. Este desenho será exportado o código padrão do modelo virtual (.stl) com o software Exocad que será impresso no Laboratório Biofabris – Unicamp. A manufatura aditiva em metal será realizada na EOS DMLS M280 pela técnica por fusão de leito de pó metálico através de um feixe de laser de infravermelho, utilizando liga metálica EOS CobaltChrome MP1. No processo de manufatura aditiva em metal as peças saem da impressora fixadas em uma placa de aço e são liberadas dessa placa através de um processo de eletroerosão com fio de latão. Depois desse processo, a remoção dos suportes de manufatura aditiva, o acabamento, polimento e adaptação no modelo de trabalho em gesso serão realizados igualmente como no grupo controle.

Mensuração da quantidade de material

O peso de casa estrutura metálica será mensurado antes e após o polimento. A diferença será utilizada para a comparação entre a quantidade de material eliminado durante o acabamento e polimento. Este valor será utilizado para se verificar a sua relação com a expansão do modelo e a resistência a flexão.

Resistência a Flexão

Os elementos constituintes da estrutura metálica (barra lingual e retentores) serão levados a máquina de ensaio universal. Após realização de experimento piloto, uma carga e tempo uniforme serão determinados para ser utilizado no teste experimental. Os resultados definirão influência da expansão do modelo virtual da estrutura metálica de PPR.

Avaliação qualitativa das estruturas metálicas para PPR

Para a análise qualitativa das estruturas metálicas para PPR serão realizadas imagens radiográficas (Fig. 01) com filme Insight Oclusal IO-41 F-Speed – Carestream utilizando um aparelho de raios-x Gnatux de 70KVp – 7mA -Brasil com uma distância padronizada da fonte de radiação de raios-x com o filme radiográfico de 35 cm e tempo de exposição de 1 segundo. Para o processamento das radiografias serão utilizados o revelador Carestream por 40 segundos e 5 minutos no fixador, segundo a recomendação do fabricante. As radiografias serão escaneadas para obtenção de

imagens digitalizadas que serão analisadas no software Image Tool. As radiografias serão adquiridas tendo do lado uma escala de alumínio (Escala de Hounsfield) para padronização e calibração de medidas espaciais e de densidade do metal obtidas através do software Image Tool. As mensurações serão realizadas circulando todas as áreas com imagem radiográfica de diferente radiopacidade radiográfica e mensurando a área sem uniformidade de radiopacidade (Swelem et al., 2014) (Al Jabbari et al, 2012). A qualidade da estrutura metálica será acessada através da quantificação de números de sítios com radiopacidade não uniforme (incluindo as mais radiolúcidas e as mais radiopacas) e através da soma da área dos sítios de diferentes radiopacidade.

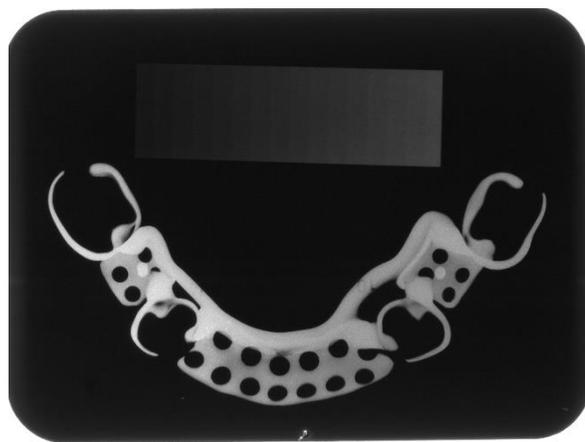


Figura 01. Imagem radiográfica da infraestrutura metálica de PPR para análise qualitativa.

Os números amostrais de corpos de prova e teste estatístico adequado serão definidos após a análise exploratória dos dados obtidos em experimentos preliminares.

Atividades Realizadas no Período

Modelagem das Peças a serem impressas:

As estruturas metálicas de PPR a serem utilizadas neste estudo foram modeladas no software Dental wings – DWOS e foram impressas pelo Prof. Dr. André Luiz Munhoz no Laboratório BioFabris - UNICAMP. As infraestruturas metálicas estão descritas na Figura 02 e 03 apresentando os suportes de construção ligados diretamente na peça, os quais serão removidos da mesma após impressão e posteriormente realizados acabamento e polimento.

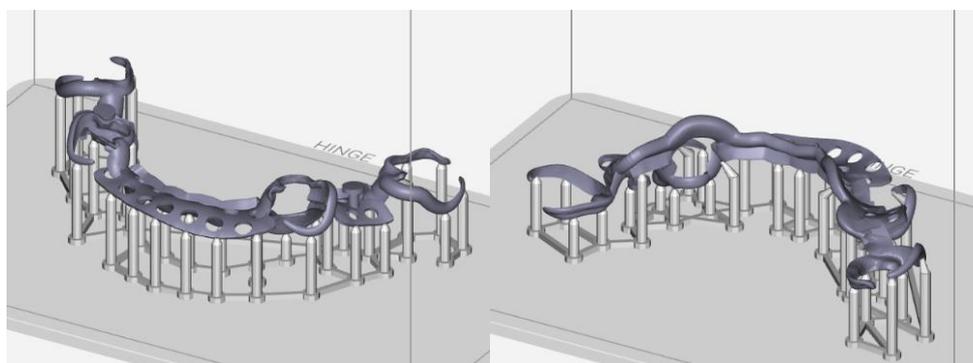


Figura 02. Vista anterior e posterior do desenho de infraestrutura metálica de PPR com suportes de construção.



Figura 03. Vista lateral do desenho de infraestrutura metálica de PPR com suportes de construção angulados.

Dificuldades Encontradas

Infelizmente não houve tempo hábil para a execução dos testes mecânicos e coleta dos dados. Diante da pandemia de COVID-19 e suspensão das atividades presenciais para os alunos de graduação da UNICAMP foi impossibilitado a continuidade com os testes mecânicos para a finalização do projeto de pesquisa proposto. Com as amostras impressas, tão logo seja possível o retorno as atividades, os testes serão realizados na sequência.