



**FAPAC- FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

**KELVEN RIBEIRO SPENER
LUAN LUIS DE FREYN**

IMPRESSÃO 3D EM ODONTOLOGIA E ANÁLISE DOS SEUS MATERIAIS

**PORTO NACIONAL - TO
2019**

KELVEN RIBEIRO SPENER

LUAN LUIS DE FREYN

IMPRESSÃO 3D EM ODONTOLOGIA E ANÁLISE DOS SEUS MATERIAIS

Projeto de Pesquisa de Trabalho de conclusão de curso submetido ao Curso de Odontologia do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Odontologia.

Orientador Prof. Esp. Leonardo Brito Querido

PORTO NACIONAL - TO

2019

KELVEN RIBEIRO SPENER

LUAN LUIS DE FREYN

IMPRESSÃO 3D EM ODONTOLOGIA E ANÁLISE DOS SEUS MATERIAIS

Projeto de Pesquisa de Trabalho
de conclusão de curso submetido ao Curso
de Odontologia do Instituto Tocantinense
Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como
requisito para a obtenção do Grau de
Bacharel em Odontologia.

Orientador Prof. Esp. Leonardo
Brito Querido

BANCA EXAMINADORA

APROVADO EM: __/__/__

Prof. Esp. Leonardo Brito Querido – Orientador
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto

Prof. Me. Fernando Cavalcante Castro Garção
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto

Prof. Me. Luis Otávio Jonas
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto

PORTO NACIONAL - TO

2019

RESUMO

Introdução: A evolução da tecnologia e a integração de soluções digitais, estão transformando todas as áreas da Saúde. Deste modo, a tecnologia CAD/CAM tem o propósito de simplificar, automatizar e facilitar o processo de confecções protéticas, como consequência, a redução do tempo de execução e custos. Essa tecnologia traz um conceito de “fábrica inteligente” que melhora o relacionamento do homem com a robótica. Uma das características marcantes da Prototipagem Rápida, é transformar objetos tridimensionais virtuais em objetos 3D reais, obtidos sob capturas triangulares de imagens do objeto 2D, adicionando material camada à camada de forma milimétrica, constituindo a forma, gerando volume, resultando menos desperdício, economizando tempo e custo. **Objetivo:** Elucidar as vantagens e praticidades do uso da tecnologia CAD/CAM para o Cirurgião-Dentista; e realizar um ensaio mecânico de materiais utilizados para impressão 3D em cavidade oral. **Métodos:** Este projeto é um estudo de abordagem qualitativa alicerçado em revisões sistemáticas na literatura científica e prática de estudo laboratorial dos materiais utilizados na pesquisa. **Resultados Esperados:** Enseja que os Cirurgiões-Dentistas possam através desta pesquisa, conhecer e utilizar com mais propriedade as tecnologias CAD/CAM disponíveis gratuitamente no mercado, que com o grande avanço do compartilhamento de informações, faça parte do dia a dia da pluralidade dos profissionais da área Odontológica e Prótese Dentária.

Palavras-chave: CAD/CAM, Impressão 3D, Prototipagem Rápida, *Softwares* 3D, Odontologia Digital.

ABSTRAT

Introduction: The evolution of technology and the integration of digital solutions are transforming all areas of Health. Thus CAD / CAM technology aims to simplify, automate and facilitate the process of prosthetic preparations, as a consequence, reducing execution and costs. This technology brings a "smart factory" concept that enhances man's relationship with robotics. One of the hallmarks of Rapid Prototyping is transforming virtual three-dimensional objects into real 3D objects, obtained under triangular captures of 2D object images, adding layer material to the layer in a millimeter form, forming the shape, generating volume, resulting in less waste, saving time and cost. **Objective:** To elucidate the advantages and practices of the use of CAD / CAM technology for the Dental Surgeon; and perform a mechanical assay of materials used for 3D printing in the oral cavity. **Methods:** This project is a qualitative study based on systematic reviews in the scientific literature and practical laboratory study of the materials used in the research. **Expected Results:** Ensure that Dental Surgeons can, through this research, better know and use the CAD / CAM technologies freely available in the market, which with the great advance of information sharing, is part of the day-to-day life of the plurality of professionals of Dental and Dental Prosthesis.

Keywords: CAD/CAM, 3D Printing, Rapid Prototyping, 3D *Softwares*, Digital Dentistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do processo CAD/CAM.....	16
Figura 2 - Esquema do processo de impressão 3D com a tecnologia estereolitografia.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma 2019.	29
Tabela 2 - Cronograma 2020.	29
Tabela 3 - Recursos Humanos.....	31
Tabela 4 - Recursos Materiais.....	31
Tabela 5 - Total da pesquisa.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três Dimensões

CAD - Computer Aided Design ou Design Assistido por Computador

CAE - Computer-Aided Engineering ou Engenharia Assistida por Computador

CAM - Computer-Aided Manufacturing ou Manufatura Assistida por Computador

CD – Cirurgião Dentista

CTCB - Tomografia Computadorizada Cone Beam

DICOM - Comunicação de imagens digitais em medicina ou Digital Imaging and Communications in Medicine

DLP - Digital Light Processing

DVO - Dimensão Vertical de Oclusão

FDM - Fused Deposition Modeling

LOM - Laminated Object Manufacturing

PR – Prototipagem Rápida ou “Rapid Prototyping”

SLA - Stereolithography

SLS - Selective Laser Sintering

STL – Stereolithography ou Standard Triangle Language

TPD – Técnico de Prótese Dentária

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2 HIPÓTESE.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 CAD/CAM.	14
3.2 IMPRESSÃO 3D.....	16
3.3. SOFTWARES	23
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 DESENHO DO ESTUDO.....	24
4.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	24
4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	24
4.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	24
4.5 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	24
4.6 VARIÁVEIS.....	25
5 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	26
6 ASPECTOS ÉTICOS.....	27
7 DESFECHO	28
7.1 DESFECHO PRIMÁRIO	28
7.2 DESFECHO SECUNDÁRIO	28
8 CRONOGRAMA.....	29
9 ORÇAMENTO	31

10 REFERÊNCIAS.....	33
11 ANEXOS	37

1 INTRODUÇÃO

O nome CAD/CAM é designado pelo desenho de uma peça protética no computador (Computer Aided Design - CAD) e em seguida fresagem por máquina (Computer Aided Manufacturing - CAM). É uma tecnologia que foi introduzida na Odontologia nos meados dos anos 70, por Bruce Altschuler, nos EUA, François Duret, na França, e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça (CORREIA et al., 2006).

Correia et al., (2006) afirma que o propósito desta tecnologia é simplificar, automatizar, facilitando o processo de confecção e tendo como consequência a redução dos custos.

Acerca das impressoras 3D, há relatos de seus primeiros estudos cerca de 1970, tendo em vista um bom tempo de existência e uso, mas que só nesta presente década tem se difundido com mais velocidade (FERNANDES; MOTA, 2016).

A (Prototipagem Rápida - PR) consiste na criação de objetos reais, oriundos de sistemas CAD ou escaneados por Scanner 3D em objetos reais finalizados, diferenciando das demais formas de construção CAM: usinagem, fresagem e torneamento; pois constrói adicionando material camada-a-camada de forma milimétrica constituindo a forma e gerando volume, que por consequência gera menos desperdício, economiza tempo e custo (FERNANDES; MOTA, 2016).

Segundo Kravitz et al., (2018) para se obter um modelo impresso 3D não é simples como um só apertar de botão. Primeiramente deve-se criar um arquivo (Stereolithography - STL) obtido através de um escaneamento intra-oral ou de modelo em gesso, depois exportá-lo para um *software* CAD, e nesse *software* ele repara o arquivo STL para deixá-lo conforme o objetivo do trabalho, enfim enviar esse modelo digital à uma impressora 3D para assim realizar a materialização do arquivo digital. Deve-se buscar entender o *software* CAD/CAM para a impressão 3D e, finalmente, para a construção do seu laboratório de impressão digital no escritório.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O tema da presente pesquisa ainda é um assunto relativamente novo em literatura, onde há uma grande necessidade de estudos no campo do conhecimento, podendo ser objetos de pesquisas científicas e discussões acadêmicas.

Esta tecnologia vem se difundindo em grandes proporções no meio profissional e acadêmico, havendo grandes dúvidas por ser algo relativamente novo ao âmbito da Odontologia Digital, se fazendo necessário uma rica base científica e estudos laboratoriais, para um melhor uso e desempenho no dia a dia do (Cirurgião-Dentista – CD) e (Técnico Prótese Dentária – TPD).

1.2 HIPÓTESE

Pretende através deste projeto, com seus resultados trazer aos colegas (Cirurgiões-Dentistas - CD's) e (Técnicos em Próteses Dentárias - TPD's) conteúdo e conhecimento para terem novos métodos e abordagens, e embasamento para futuros trabalhos e pesquisas científicas.

1.3 JUSTIFICATIVA

Tal tema é relevante novas pesquisas, porque está em crescente uso e interesse dos CD's, e esse projeto aborda pontos positivos para que os colegas venham entender melhor a tecnologia, e fazer o uso da mesma com maior praticidade.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elucidar as vantagens e praticidades do uso das tecnologias disponíveis gratuitas de CAD/CAM para o CD, aumentando sua performance em trabalhos que se faça o uso da mesma e realizar um ensaio mecânico de materiais utilizados para impressão 3D em cavidade oral, utilizando um método alternativo e simplificado.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar em literatura, artigos e estudos que possam clarear e informar os CD's e TPD's sobre essa tecnologia.

Realizar pesquisas e testes laboratoriais com materiais de impressão 3D, para à avaliação do uso, tornando-se um método para beneficiar o Cirurgião-Dentista e o paciente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CAD/CAM.

A evolução da tecnologia e a integração de soluções digitais estão transformando todas as áreas da Saúde. O fenômeno chamado de “saúde digital” revolucionou a forma como os pacientes acessam informações médicas e também melhorou os métodos diagnósticos e terapêuticos, tornando-os mais precisos e previsíveis. Assim como em todas as áreas da saúde, a Odontologia contemporânea incluiu os sistemas baseados em computação gráfica e robótica como uma ferramenta útil para o CD nas diversas especialidades, dentre eles destaca-se o planejamento das próteses, a ortodontia e a cirurgia Azevedo et.al., (2018, p. 1).

Segundo Petter (2013) a tecnologia CAD/CAM foi introduzida na odontologia com o objetivo de automatizar e produzir trabalhos com alto padrão, consequentemente, reduzindo os custos.

Costa et al. (2016) sustentam que essa tecnologia traz um conceito de “fábrica inteligente”, pois aumenta os dados de volume e informações na sua organização, tem grande aumento na capacidade e armazenamento junto aos computadores e a nuvem e melhora o relacionamento do homem com a robótica.

Miranda (2004) conceitua que novos conceitos vieram à tona com o desenvolvimento tecnológico crescente. Na década de 50, nasceu o conceito CAD, tendo Ivan Sutherland como seu criador. O grande objetivo do CAD ou "Projeto Assistido por Computador" foi substituir a prancheta e outros tipos de ferramentas para desenho de projetos. Com isso, os modelos tridimensionais e a concepção gráfica, na tela do computador tornaram-se uma realidade.

Em meados da década de 80 a integração dos sistemas CAD, CAE e CAM, o processo de concepção, desenvolvimento, testes, cálculos, estruturação e finalização de protótipos tornaram-se mais eficazes. A Prototipagem Rápida (PR do inglês Rapid Prototyping) destacou-se por sua aceleração no processo de produção, tornando-se um processo de reprodução rápida de uma peça com as mesmas características de um modelo virtual CAD (BEAL, 2002; MEURER et al., 2003).

Correia et al. (2006) define os sistemas CAD/CAM como uma integralização de um passo a passo, onde ocorrem várias etapas mantendo um modelo para um

trabalho bem executado e com qualidade, estética e função constituem a base dos sistemas informatizados, sendo fatores importantes durante a execução.

Para Candeias (2018) a aplicação das imagens em um *software* fidedigno, permite ao profissional uma melhor visibilidade de osso, tecidos, regiões com áreas nobres e também facilita no planejamento. A digitalização e projeção tridimensional reduz tempo clínico por sua praticidade e há melhoras nos resultados.

Vasconcelos (2018) relata que as informações processadas pelo scanner são enviadas a um *software*, e então é feito o planejamento do trabalho, sem a necessidade de ter cópia física dos arcos dentários. Após ter recebido os dados e feito o planejamento, a peça será produzida a partir de blocos de cerâmica.

Miranda (2004) sustenta que aliados ao CAD (Computer-Aided Design ou "Design Assistido por Computador") surgiram os sistemas CAE (Computer-Aided Engineering ou "Engenharia Assistida por Computador") e CAM (Computer-Aided Manufacturing ou "Manufatura Assistida por Computador"). O sistema CAE consiste em um *software* de análise. Ele permite que o engenheiro teste o modelo virtual na tela de vídeo até obter o melhor equilíbrio de suas características, facilidade de produção e custo. Na fase final de desenvolvimento do modelo é utilizado o sistema CAM. Ele controla a máquina que produz a peça, objeto ou produto.

De acordo com Bernardes et al. (2012) os benefícios gerados por essa tecnologia está a padronização de materiais, destacando-se por sua qualidade elevada e suas mínimas imperfeições. Um exemplo de material é a zircônia, difícil de trabalhar e agora com o uso do recurso sistema CAD/CAM facilita seu manuseio. As próteses implanto suportadas, por sua grande extensão com relação a sua estrutura também são fabricadas por usinagem de zircônia, metais, ligas de titânio ou até de cobalto-cromo. No encerramento diagnóstico da prótese, as ceras são utilizadas como padrão assim como as resinas acrílicas para a fundição.

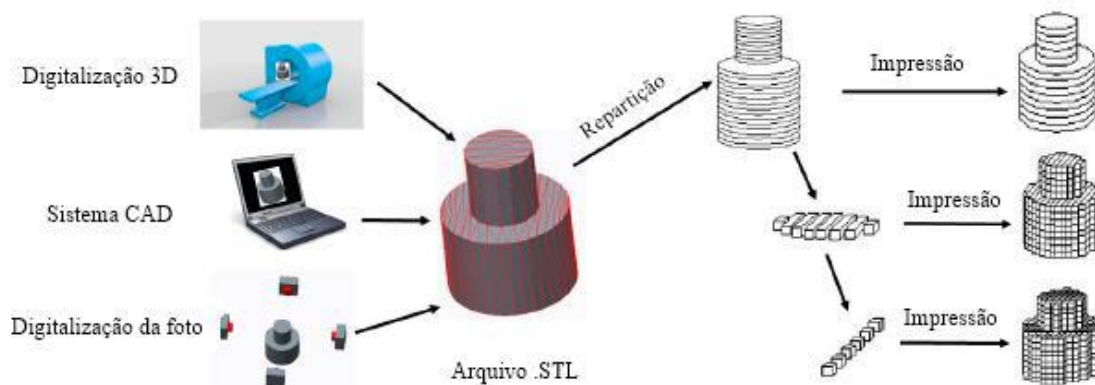
Camargo et al. (2018) diz que as restaurações CAD/CAM possuem melhor adaptação marginal ou no mesmo patamar que as convencionais. As vantagens da tecnologia CAD/CAM são evidentes: redução do tempo de produção; processo de fabricação controlado por computador com alta precisão, ficando menos sujeito a erros humanos; *software* aponta erros do preparo que podem ser corrigidos antes da confecção da peça; possibilidade de utilizar novos materiais cerâmicos que se destacam por suas propriedades mecânicas superiores; caso necessário, é possível

refazer a peça rapidamente, pois os modelos digitais podem ser armazenados, assim como o planejamento digital da peça.

Camargo et al. (2018) discorre sobre as vantagens da produção com a tecnologia CAD/CAM que superam as metalocerâmicas feitas convencionalmente, são feitas restaurações metal free, permitem a passagem de luz, ausência do escurecimento cervical, redução do acúmulo de placa bacteriana, ausência de correntes galvânicas, visando não ser prejudicial ao periodonto e polpa do elemento.

Com o planejamento do caso clínico finalizado e totalmente digitalizado, é possível realizar também as guias, enceramentos e próteses, através do auxílio de impressoras 3D ou mesmo enviar imagens para que sejam confeccionados, tais produtos através de usinagem com fresadoras, e também pelo processo CAM (CANDEIAS, 2018).

Figura 1 - Ilustração do processo CAD/CAM.



Fonte: Pinto (2018).

3.2 IMPRESSÃO 3D

Fernandes; Mota, (2016) diz que acerca das impressoras 3D, há relatos de seus primeiros estudos cerca de 1970, tendo em vista um bom tempo de existência e uso, mas que só nesta presente década tem se difundido com mais velocidade.

Segundo Balem (2010) uma das características marcantes da PR, é o fato de transformar objetos tridimensionais virtuais em objetos 3D reais, obtidos sobre capturas triangulares de imagens do objeto 2D.

A PR consiste na criação de objetos reais, oriundos de sistemas CAD ou escaneados por Scanner 3D em objetos reais finalizados, diferenciando das demais

formas de construção CAM usinagem, fresagem e torneamento, pois constrói adicionando material (camada-a-camada) de forma milimétrica constituindo a forma e gerando volume, que por consequência gera menos desperdício, economiza tempo e custo (FERNANDES; MOTA, 2016).

Balem (2010) cita que na área odontológica a tecnologia mais utilizada é a PR aditiva, pois desempenha a melhor riqueza de detalhes em sua reprodução.

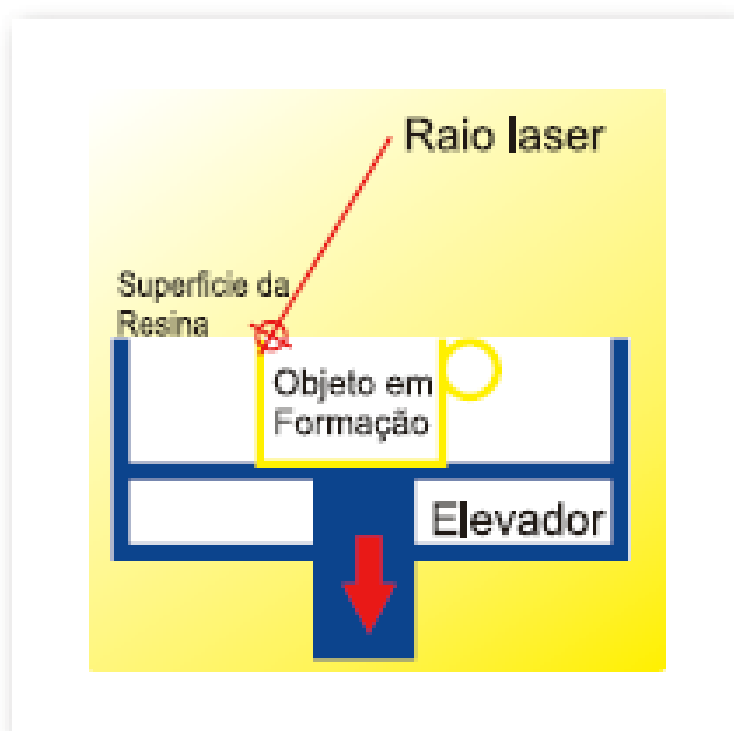
As impressões 3D mais utilizadas no momento são de caráter manufatura aditiva, tendo disponíveis 4 sistemas de prototipagem conhecidos: o primeiro é SLS (Selective Laser Sintering) que utiliza laser para processar o material sinterizando partículas sólidas uniformes. Outro sistema é LOM (Laminated Object Manufacturing), forma o objeto tridimensionalmente empilhando as lâminas de papel cortadas por laser, foi uma das primeiras técnicas utilizadas em manufatura aditiva. O próximo sistema é a técnica aditiva por extrusão, o FDM (Fused Deposition Modeling) utiliza um polímero fundido que é depositado camada a camada montando o objeto criado via CAD, atualmente é o mais popular em centros de pesquisa onde realizam protótipos. Por fim, a Polimerização Fotoquímica esse sistema realiza a polimerização de uma resina líquida armazenada dentro de um tanque através de feixes de raio laser ultravioleta, assim confecciona o objeto desejado. Essa polimerização fotoquímica pode ser dividida em dois métodos: SLA (Stereolithography), DLP (Digital Light Processing) (PIVESSO, 2018).

Segundo Balem (2010) a PR mais utilizada em trabalhos odontológicos na atualidade consiste na Polimerização Fotoquímica, que carrega características de grande relevância, como: reprodução fiel das estruturas, excelente estabilidade dimensional, reprodução de modelo na cor e forma desejada.

Esta tecnologia é a polimerização de uma resina líquida foto-sensível (acrílica, epóxica ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, com um feixe de laser (Ultravioleta – UV). 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 Carvalho (2007, p.5).

Figura 2 - Esquema do processo de impressão 3D com a tecnologia estereolitografia.



Fonte: Carvalho (2007).

Fernandes; Mota, (2016) sustenta que no início desta presente década, houve um surgimento de impressoras 3D mais acessíveis, sendo criada a tecnologia *RepRap*, ou seja, a criação de um *software* de código aberto, onde as impressoras podem reproduzir qualquer impressão de si mesma e replicá-las. Houve conseqüentemente através do crescimento na produção e das ofertas uma diminuição de preço para aquisição, tornando mais atrativas para o uso comercial e pessoal e acadêmico.

Segundo Pivesso (2018) a tecnologia de impressão 3D se tornou mais acessível entre os anos de 2011 e 2014, gerando um crescimento em torno de 33% e conseqüentemente movimentações mais de 4 bilhões de dólares. E tal crescimento e

demanda de aquisições se deve por ter a capacidade de simplificar o processo de produção, onde pode ser fabricado em equipamentos de bancada, tendo um custo tanto energético como de material atrativo.

Com o avanço da tecnologia e principalmente de materiais, o ganho se dá diretamente nas áreas médicas e odontológicas. Com leituras tiradas diretamente dos tomógrafos, pode-se imprimir já, algumas partes do corpo humano, como ossos, cartilagens, veias, tecidos moles etc., podendo simular alguma anomalia e até mesmo estudar uma cirurgia, prevendo incisões, cortes, vias de acesso, encurtando drasticamente o tempo de uma cirurgia complexa ou enxertando próteses. Existem outras, recém chegando ao mercado, tais como a impressão de órgãos por adição de camadas de células, ou até mesmo de próteses ou órteses de polímeros estéreis Pradella; Folle, (2014, p. 10).

Visando às aplicações na Odontologia, a PR pode ser utilizada para contribuir com o diagnóstico, fabricação de implantes, próteses e placas de reconstrução personalizadas, aperfeiçoamento do planejamento cirúrgico, estudo das técnicas de ressecção, simulação de intervenções pré-operatória e didática com o paciente. Já na área da prótese, podem ser confeccionadas próteses totais pode ser utilizando a PR, obtendo dados das próteses totais previamente utilizadas pelos pacientes, para obtenção da relação intermaxilar e superfície mucosa. Os arquivos (Comunicação de imagens digitais em medicina - DICOM) são então exportados para o *software* 3D CAD, no qual o modelo virtual das próteses será construído, usando-se tecnologia CAD (DUTRA, 2017).

Boldrini (2018) elucida que há vantagens de utilizar a PR com as tecnologias de manufatura aditiva, pois reduzem a variabilidade do fator humano obtendo assim vantagens do ponto de vista clínico por ser mais rápidas e replicáveis, consequentemente diminuir os custos pois as impressoras 3D tem um grande potencial de crescimento no mercado para os consultórios e laboratórios.

Segundo Goodacre et al. (2018) juntamente com a impressão 3D no consultório ou com o apoio de laboratórios dentários, os CD's podem delimitar e criar osteotomias laterais da janela no seio nasal com precisão e segurança. Como resultado do uso desta tecnologia, as possíveis complicações são reduzidas e a colocação adequada do enxerto com base na posição planejada do implante é assegurada com total precisão.

As imagens de (Tomografia Computadorizada Cone Beam - CTCB) e os *softwares* de computador 3D permitem uma visualização muito aprimorada dos ossos, anatomia e planos restauradores. Tais sistemas permitem que os CD's alterem e processem as imagens 3D dos pacientes e modelos, facilitando assim o planejamento dos implantes dentários. Este fluxo de tratamento 3D melhora significativamente o fluxo de trabalho tradicional, complementando informações diagnósticas mais complicadas e dispendiosas com protocolos de tratamento mais simples e igualmente eficazes (SCHERER, 2014).

Existem algumas desvantagens potenciais para a utilização da técnica, que incluem a necessidade de aprender e dominar os *softwares*. Podendo utilizar alguns *softwares* que são gratuitos como (InVesalius, BlueSky Plan e Meshmixer). Já num futuro próximo podem permitir o uso de *software* livre durante todo o processo. Outra desvantagem é o tempo que se gasta para se planejar tal cirurgia, embora seja toda planejada e confeccionada pela impressão 3D no consultório, quem não tiver acesso a estes *softwares* e impressora 3D não poderá realizar esse planejamento e construção do guia, podendo contar então com a confecção do guia em laboratórios que usam essa tecnologia (GOODACRE et al., 2018).

Abreu (2015) relata que há uma série de etapas para que seja confeccionado um modelo impresso, onde inicia no CAD até a produção. Etapa 1 - Modelação de um ficheiro 3D: onde é criado um modelo 3D através de um programa, que faz a projeção virtual do objeto. Etapa 2 - Conversão para o formato (Standard Triangle Language – STL): o modelo já criado virtualmente é projetado num formato padrão, o STL, que é formada por uma superfície de pequenos triângulos que formam uma malha, sendo semelhante ao objeto real, e quanto menor os triângulos terá mais qualidade e tamanho do arquivo. Etapa 3 - Manipulação do arquivo STL através de *Softwares*: um programa prepara o modelo, conforme o objetivo desejado, podendo ajustar tamanho, posição, orientação. Etapa 4 - Preparo para máquina impressora 3D: nesta etapa ocorre as configurações desejadas para a construção do modelo, onde é feito o fatiamento da peça para posteriormente ser impresso camada a camada. Etapa 5 - Construção física do modelo: nesta etapa o modelo em si é criado, conforme as configurações delimitadas na etapa 4, onde serão fotopolimerizadas as resinas camada a camada até construir por completo o modelo desejado. Etapa 6 - Pós-processamento: é realizada a cura do material, sendo a limpeza e tratamento da superfície, sendo comumente realizada com álcool.

Segundo Kravitz et al. (2018) para se obter um modelo impresso 3D não é simples como um só apertado de botão. Primeiramente deve-se criar um arquivo STL obtido através de um escaneamento intra-oral ou de modelo em gesso, depois exportá-lo para um *software* CAD, e nesse *software* ele repara o arquivo STL para deixá-lo conforme o objetivo do trabalho, enfim enviar esse modelo digital à uma impressora 3D para assim realizar a materialização do arquivo digital. Deve-se buscar entender o processo CAD/CAM para a impressão 3D e, finalmente, para a construção do seu laboratório de impressão digital no escritório.

Medeiros (2018) diz que a modelagem tridimensional consiste no processo inicial para projetar a figura tridimensional desejada, podendo contemplar medição, análise do projetista, captura de imagens através de scanners 3D ou importação imagens médicas em formatos DICOM através de equipamentos de diagnóstico por imagens. A partir das informações obtidas, o projetista utiliza *softwares* do tipo CAD para modelar tridimensionalmente o objeto desejado, com suas respectivas dimensões e formas.

Segundo Pivesso (2018) os primeiros usos de resinas autopolimerizáveis na odontologia foi em 1934, na Alemanha, mas suas características eram desfavoráveis, pois não tinham estabilidade de cor, alto grau de contração após a polimerização, tendo a necessidade então de contínuos estudos para melhorias de suas propriedades físicas.

Segundo afirma Rosen (2015) a produção de materiais para serem impressos em impressoras 3D tem passado por constantes testes. As primeiras tentativas se deram com resina acrílica, se comportando bem no quesito de reatividade e velocidade de impressão, porém teve mal desempenho em questão de propriedades mecânicas e alta contração. Nos dias atuais tais resinas que se aplicam a manufatura aditiva carregam tecnologia híbrida, onde há uma mistura entre os acrilatos e epóxi, para assim compensar os pontos antes negativos.

Segundo Carvalho (2007) uma das características das resinas utilizadas na PR aditiva, e de composição líquida foto-sensível (acrílica, epóxica ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, onde o feixe de laser UV ativa os fotoiniciadores desencadeando uma reação localizada que promove a formação de uma cadeia polimérica entre as moléculas do monômero dispersas na resina, ocorrendo a solidificação do modelo projetado.

Hilgert et al., (2010) sustenta que a durabilidade das peças produzidas pela resina são superiores quando comparadas as feitas por técnica convencional. Os blocos resinosos podem produzir peças anatômicas ou infraestruturas que serão aprimoradas através da inserção de resinas manualmente, quando for necessário por quesitos estéticos. Também é possível fazer restaurações definitivas com esse material, alguns sistemas CAD/CAM permitem, contudo, não seja uma técnica muito utilizada.

Segundo Petter (2013) foi realizado um estudo para avaliar a adaptação marginal de coroas cerâmicas produzidas pela tecnologia CAD/CAM. Os valores médios de desadaptação encontrados foram de 56µm em pré-molares e de 63µm em molares. Tais valores encontram-se dentro do limite clinicamente aceitável.

Para Hilgert et al., (2010) a produção de estruturas cerâmicas através das técnicas tradicionais, os técnicos em próteses seguem um protocolo trabalhoso. Com o auxílio da tecnologia CAD/CAM, além de facilitar o processo, também deu a liberdade da inclusão de novos materiais como o dióxido de zircônia, não aproveitado nas técnicas convencionais.

Seguindo o pensamento de Petter (2013) a sociedade que presenciamos hoje é extremamente ligada a estética, e com sua procura em alta as indústrias estão cada dia mais desenvolvendo produtos e tecnologias que atendem essas necessidades, para que fique interligado a estética, qualidade e longevidade.

As restaurações produzidas pela técnica CAD/CAM possuem poucas desvantagens quando comparadas às produzidas pelas técnicas convencionais. Pode-se apontar como desvantagens o alto custo do equipamento e a necessidade de aprendizado quanto ao manejo dos aparelhos. Algumas limitações são encontradas, mas estas não determinam a contraindicação da técnica, apenas implicam na necessidade de realização de algumas mudanças no processo, como por exemplo o fato de que preparos subgengivais não podem ser digitalizados por câmeras intra-orais, sendo necessária a realização de moldagem convencional e digitalização do modelo de gesso. Os preparos dentais devem ser nítidos e arredondados com termos contínuos e de preferência em chanfro ou ombro arredondado, a integridade marginal pode ficar comprometida quando o ângulo do término marginal é aumentado (CHAIN et al., 2000).

3.3. SOFTWARES

Existem dois tipos de escâneres utilizados em odontologia, os escâneres intra-orais e que são mais utilizados pelos cirurgiões dentistas em consultório e os chamados de bancada, mais utilizados pelos laboratórios de prótese dentária. Eles podem trabalhar com sistemas abertos ou fechados. Nos sistemas abertos a linguagem do *software* permite trabalhar com escâneres, *softwares* e impressoras de diferentes empresas, já no sistema fechado será necessário trabalhar com produtos de um mesmo fabricante ou então que o *software* de desenho utilizado também possa, ao final de todo o processo de desenho das peças, exportar o arquivo no formato STL compatível com a impressora que se deseja utilizar Boldrini, (2018, p. 23).

Nos dias atuais, um *software* muito utilizado pelos CD's e TPD's é o MeshMixer, um programa livre de código aberto da Autodesk, que vem oferecer uma ampla gama de recursos, desde simples cortes de plano até complexas manipulações de malha, como o seu esvaziamento e reposicionamento. Para personalizar o modelo digital com seu nome, o MeshMixer precisa de um programa separado, que é indicado o Windows 3D Builder que fornece funções para corte de plano, extrusão de base e rotulagem (KRAVITZ et al., 2018).

Segundo Medeiros (2018) o AutoCAD, SolidWorks, ZBrush, FreeCAD, MeshMixer e SketchUp são alguns exemplos de *softwares* CAD de código aberto utilizados para a modelagem tridimensional.

Com a disponibilidade de programas de *software* 3D com código aberto, facilita para o profissional poder processar e realizar edições avançadas fornecendo um método novo e preciso, onde realiza a fabricação um molde de tecido do local da cirurgia a ser necessária para preenchimento de falhas anatômicas ou até mesmo devolvendo funções antes perdidas. Pacientes com trismo severo podem ser capazes de receber próteses 3D, o que antes era impossível com técnicas tradicionais (TASOPOULOS, et al., 2019).

4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Este projeto trata-se da abordagem qualitativa que será desenvolvida a partir de revisões sistemáticas na literatura científica e prática de estudo laboratorial dos materiais utilizados na pesquisa.

4.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O projeto será conduzido em consultório e laboratório de prótese particular e dependências do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Nacional (ITPAC) no período de Fevereiro de 2019 a Maio de 2020.

4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população a ser estudada e beneficiada serão os CD e TPD, que atuam na área da odontologia digital.

As amostras a serem obtidas derivam de vasta pesquisa em literatura científica, estudo laboratorial do material proposto e abordado neste trabalho científico.

4.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- Artigos que contém os temas pertinentes à pesquisa.
- Profissionais da área de Odontologia.
- Profissionais Técnicos de Próteses Dentárias.

4.5 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

- Artigos que não abordam o conteúdo temático e não possui base científica adequada à pesquisa.

4.6 VARIÁVEIS

As variáveis analisadas serão: sistemas de CAD/CAM, impressoras 3D, resinas adequadas a estas impressoras, qualidades e especificações dos materiais disponíveis no mercado, benefícios desta tecnologia aos C.D's e T.P.D's, dificuldades da utilização desta tecnologia aos C.D's e T.P.D's.

5 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa será realizada com acesso direto aos bancos de dados das plataformas digitais de literatura científica, selecionando os estudos e publicações que venham embasar nossa pesquisa. Será também realizado testes laboratoriais de pesquisa e testes dos materiais impressos em Impressoras 3D, para obter resultados que venham informar e incitar o melhor uso dessa tecnologia. Após esse levantamento de dados, será feita a transcrição dos dados para o programa Microsoft Word 2013, análise e apuração das informações para a exposição dos resultados através da confecção de artigo científico.

6 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa respeitará as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde através da Resolução nº 466/12, outorgada pelo Decreto nº 93.333 de 12 de dezembro de 2012.

7 DESFECHO

7.1 DESFECHO PRIMÁRIO

Espera-se que os CD's possam através desta pesquisa conhecer e utilizar com mais propriedade as tecnologias CAD/CAM disponíveis gratuitamente no mercado, que com o grande avanço das transferências de informações possa fazer parte do dia à dia na generalidade dos profissionais da área Odontológica e Prótese Dentária.

7.2 DESFECHO SECUNDÁRIO

- Ao iniciar a construção deste projeto científico, com a abordagem de um tema contemporâneo a classe representada, a base científica sobre o tema delineado de pesquisa ainda é escassa, espera-se que mais colegas possam contribuir com pesquisas e artigos para maior embasamento científico e literário.
- Esperamos que esta pesquisa laboratorial de testes mecânicos, sobre esses materiais que serão confeccionados em impressora 3D, possam ter resultados satisfatórios e venham dar aos CD's uma nova opção de tratamento a oferecer ao paciente.
- Pretende-se publicar os resultados desta pesquisa em revistas pertinentes ao assunto, além de apresentar os dados em congressos científicos.

materiais de impressão 3D											
Realização da Monografia											
Tabulação dos Resultados											
Discussão dos Dados											
Submissão do Projeto a banca											
Apresentação TCC II											

Fonte: O autor.

9 ORÇAMENTO

Tabela 3 - Recursos Humanos.

CATEGORIA: Gastos com Recursos Humanos			
ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Combustível do pesquisador	10 litros	4,51	45,10
Refeição	4	10,00	40,00
SUBTOTAL			85,10

Fonte: O autor.

Tabela 4 - Recursos Materiais.

CATEGORIA: Gastos com Recursos Materiais			
ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Notebook Dell Precision M6500	1	2.000,00	2.000,00
Scanner Dental Wings DW-5-140	1	25.000,00	25.000,00
Impressora 3D Anycubic Photon	1	5.000,00	5.000,00
Resina Fotopolimerizável para impressora 3D (Yllor)	1	600,00	600,00
Impressão (página)	121	0,25	30,25
CD	3	2,00	6,00
Encadernação	3	3,00	9,00
SUBTOTAL			32.645,25

Fonte: O autor.

Tabela 5 - Total da pesquisa.

FINANCIAMENTO TOTAL DA PESQUISA	
CATEGORIAS	VALOR TOTAL (R\$)

Fonte: O autor.

Gastos com Recursos Materiais	32.645,25
Gastos com Recursos Humanos	85,10
TOTAL GERAL DO INVESTIMENTO	32.730,35

10 REFERÊNCIAS

ABREU, S. A. C. Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo. **Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto**, set. 2015.

AZEVEDO, J. F.; FERNANDA, C.; ZERBINAT, L. P. O Fluxo Digital na Odontologia Contemporânea. **J Dent Pub H**, Salvador, v. 9, n. 4, p. 252-253, dez. 2018.

BALEM, F. P. A utilização prototipagem rápida na odontologia. **Monografia (Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, jan. 2010.

BEAL, V. E. Avaliação do uso de insertos obtidos por estereolitografia na moldagem de pós metálicos por injeção. **Dissertação de mestrado (Curso de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina)**, 2002.

BERNARDES, S. R. et al. Tecnologia CAD / CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes : o que é, como funciona, vantagens e limitações. Revisão crítica da literatura. **Ilapeo**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 8-13, 01, 02, 03 2012.

BOLDRINI, D. D. L. Avaliação da qualidade e da adaptação de estruturas metálicas para próteses parciais removíveis obtidas por manufatura aditiva e convencional. **Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas**, Piracicaba, mar. 2018.

CAMARGO, I. F. et al. Sistemas CAD/CAM e suas aplicações na odontologia: Revisão da literatura. **Revista UNINGÁ**, Maringá, v. 55, n. 3, p. 211-228, 10, 11, 12 2018. ISSN 2318-0579.

CANDEIAS, B. P. Planejamento digital e impressão 3D, aplicado em reabilitações totais fixas sobre implantes. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia**

Aplicada à Odontologia) Instituto de Ciência e Tecnologia Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2018.

CARVALHO, E. M. Prototipagem na odontologia : obtenção e uso. **10º Congresso Internacional de Técnicos em Prótese Dentária**, out. 2007.

CHAIN, M. C.; ARCARI, G. M.; LOPES, G. C. Restaurações Cerâmicas Estéticas e Próteses livres de meta. **RGO**, v. 48, n. 2, p. 67-70, Abr/Mai/Jun 2000.

CORREIA, A. R. M. et al. CAD-CAM : a informática a serviço da prótese fixa. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 35, n. 2, p. 183-189, 2006. ISSN 1807-2577.

COSTA, A. L. F.; YASUDA, C. L.; NAHÁS-SCOATE, A. C. R. Utilização de softwares livres para visualização e análise de imagens 3D na Odontologia. **Revista Assoc Paul Cir Dent**, v. 70, n. 1, p. 76-81, 2016.

DUTRA, D. M. et al. Aplicabilidade da prototipagem rápida na Odontologia – uma revisão de literatura. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 89-95, 1-4 2017. ISSN 1677-5090.

FERNANDES, A. V. S.; MOTA, F. A. O. Impressoras 3D: Uma Compreensão da Evolução e Utilização. **IX Simpósio de Informática Tecnologia Aplicada ao Desenvolvimento Sustentável (Instituto Federal do Norte de Minas Gerais)**, jun. 2016.

GOODACRE, B. J. et al. Um guia impresso em 3D para abordagem lateral do enxerto sinusal: uma técnica odontológica. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 119, n. 6, p. 897-901, 2018. ISSN 0022-3913.

HILGERT, L. A. et al. Odontologia Restauradora com Sistemas CAD/CAM: o Estado Atual da Arte Parte 2 – Possibilidades Restauradoras e Sistemas CAD/CAM. **International journal of Brazilian Dentistry**, Florianópolis, v. 5, n. 4, p. 424-435, 10, 11, 12 2010.

KRAVITZ, N. D.; GROTH, C.; SHANNON, T. Software CAD / CAM para impressão tridimensional. **Journal of clinical orthodontics**, v. 52, n. 1, p. 22-27, jan. 2018.

MEDEIROS, C. B. S. Avaliação de peças de Poli(ácido láctico) (PLA) impressas para aplicações biomédicas. **Dissertação (Mestrado Engenharia de Materiais) Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal, out. 2018.

MEURER, E. et al. Biomodelos de prototipagem rápida em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial. **Revista Brasileira de Cirurgia e Periodontia**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 172-180, 2003.

MIRANDA, P. Os sistemas de CAD adotados no segmento projetual. **www.quatter.com.br/cadcae.htm**, 2004.

PETTER, O. Í. Tecnologia CAD/CAM. **Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Odontologia) Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, maio 2013.

PIVESSO, B. P. Efeito da velocidade de polimerização na qualidade da impressão 3D DLP de uma resina odontológica experimental fotopolimerizável. **Dissertação (Mestre em Ciências) Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo**, São Carlos, 2018.

PRADELLA, M. P.; FOLLE, L. F. Análise De Mercado Sobre Tecnologias De Prototipagem Rápida Por Adição De Material. **Blucher Design Proceedings**, Gramado, v. 1, n. 4, nov. 2014.

ROSEN, I. G. D. Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping and Direct Digital Manufacturing., n. 2, 2015.

SCHERER, M. D. Avaliação pré-implante do local do implante e planejamento digital orientado para recuperação. **Dental Clinics of North America**, v. 58, n. 3, p. 561-595, 2014. ISSN 0011-8532.

TASOPOULOS, T. et al. Fabricação de uma prótese obturadora provisória impressa em 3D: uma abordagem contemporânea. **Journal of Prosthetic Dentistry**, p. 3-6, 2019. ISSN 0022-3913.

VASCONCELOS, B. E. et al. A tecnologia 3D e suas aplicações na Odontologia moderna – uma revisão sistemática de literatura. **Full Dent. SCI.**, v. 10, n. 37, ago. 2018.

11 ANEXOS