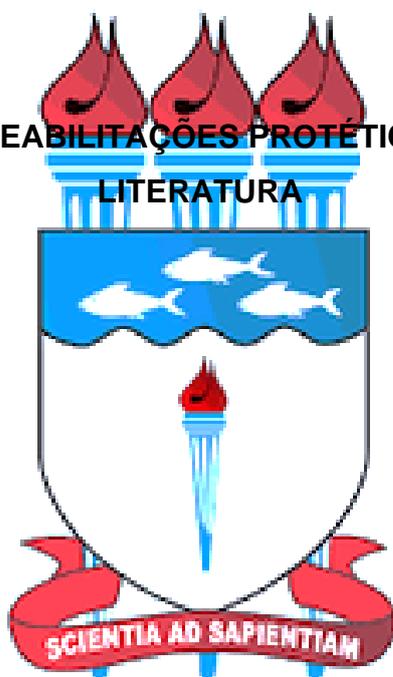


UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

DANILO EUGENIO VASCONCELOS TORRES  
RAYANNA RAQUEL JACINTO OLIVEIRA DA PAZ

**FLUXO DIGITAL NAS REABILITAÇÕES PROTÉTICAS: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**



MACEIÓ-AL  
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

DANILO EUGENIO VASCONCELOS TORRES  
RAYANNA RAQUEL JACINTO OLIVEIRA DA PAZ

**FLUXO DIGITAL NAS REABILITAÇÕES PROTÉTICAS: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**

The coat of arms of the Universidade Federal de Alagoas is centered on the page. It features a shield with a blue top section containing three white fish. Below this is a white section with a red torch. At the bottom, a red ribbon contains the Latin motto 'SCIENTIA AD SAPIENTIAM'. Above the shield are three red flames, and below it are three blue columns.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para conclusão do curso de Bacharel em Odontologia.

Orientador: Professor Doutor Wagner Sotero Fragoso

MACEIÓ-AL  
2021

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

T693 Torres, Danilo Eugenio Vasconcelos.  
Fluxo digital nas reabilitações protéticas : uma revisão de literatura /  
Danilo Eugenio Vasconcelos Torres, Rayanna Raquel Jacinto Oliveira da  
Paz. – 2021.  
57 f. : il.

Orientador: Wagner Sotero Fragoso.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia) –  
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Odontologia. Maceió,  
2021.

Bibliografia: f. 53-57.

1. Técnica de moldagem odontológica. 2. Desenho auxiliado por  
computador. I. Paz, Rayanna Raquel Jacinto Oliveira da. II. Título.

CDU: 616.314



## FOLHA DE APROVAÇÃO

DANILO EUGENIO VASCONCELOS TORRES  
RAYANNA RAQUEL JACINTO OLIVEIRA DA PAZ

### FLUXO DIGITAL NAS REABILITAÇÕES PROTÉTICAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

**BANCA EXAMINADORA:** (colher as assinaturas)

*wf St f*

---

**Professor Doutor Wagner Sotero Fragoso – ORIENTADOR**

*Isaac José Peixoto Batinga da Rocha*

---

**Professor Doutor Isaac José Peixoto Batinga da Rocha - EXAMINADOR**

*Vânio Santos Costa*

---

**Professor Doutor Vânio Santos Costa - EXAMINADOR**

APROVADA EM: 30/04/2021

*[Handwritten signature]*

---

**Coordenação dos Trabalhos de Conclusão de Curso da FOUFAL**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos conceder graça e luz, dessa forma nos permitindo concluir uma fase tão importante de nossas vidas.

Agradecemos aos nossos pais, Andrea Carla, Clécio Oliveira, Maria das Graças e Carlos Eugênio, por todos esses anos terem servido de inspiração e alicerce, nosso reconhecimento e amor, a vitória não é nossa e sim de vocês.

Agradecemos aos nossos irmãos, Vanessa, Isabeli, Lícia, Rayza e Clecio, cada um à sua maneira, de forma presencial ou a distância, nos ajudou, incentivou e nos acolheu em todos os momentos ao longo dessa jornada.

Agradecemos aos nossos familiares, pelo amor demonstrado, por todos os ensinamentos nos concedido, pela paciência de nos ensinar os caminhos a seguir e pelo incentivo de nunca desistir.

Agradecemos aos nossos amigos de curso, como mensurar a importâncias que vocês tiveram nessa jornada, e o quão especiais vocês foram, um companheirismo que transcende as portas da clínica ou da sala de aula, obrigada por cada apoio dado, material compartilhado e lanches divididos, sem vocês não estaríamos aqui.

Agradecemos aos amigos que pacientemente nos ajudaram a desenvolver esse trabalho de forma mais leve e tranquila, obrigada a todos pelos momentos que nos ajudaram, cobraram ou deixaram o percurso mais agradável.

Agradecemos ao nosso querido orientador, Dr. Wagner Fragoso, por seu auxílio, admirável orientação, por sua transmissão de conhecimento. A produção e conclusão deste trabalho dependeram de forma essencial da sua orientação.

Agradecemos aos mestres que dividiram seus conhecimentos conosco ao longo de nossas vidas acadêmicas, a participação de cada um de vocês foi o que nos trouxe até aqui hoje, nossa mais sincera gratidão por ter acreditado em nosso potencial.

## RESUMO

A Odontologia digital vem suprindo o aumento das exigências feitas pelos pacientes com as constantes evoluções tecnológicas, principalmente a respeito à estética, precisão, agilidade, manuseio clínico e laboratorial. Os sistemas CAD/CAM, é um mecanismo para confecção de prótese baseada no sistema tridimensional, visando simplificar e otimizar a produção de estruturas protéticas com alto grau de estética e qualidade. Para isso utilizamos como foco principal nesta revisão de literatura um levantamento de dados de sistemas e escâneres. Os sistemas estudados nesse artigo foram Cerec Omnicam, iTero, Trios e Medit i500, onde foram analisados segundo veracidade, precisão e métodos de escaneamento. As bases de dados utilizadas nesta revisão de literatura foram Google Acadêmico, PubMed, SciELO, LILACS, sites das marcas estudadas e uma busca na biblioteca da universidade federal de Alagoas por livros e teses pertinentes. No periódico de tempo de 1994 até 2020 onde as publicações utilizadas foram nas línguas portuguesa, inglesa e alemã. Nesta revisão de literatura os dados obtidos mostraram que os escâneres analisados apresentam vantagens e desvantagens, cabendo ao profissional analisar qual escâner se adapta melhor ao seu objetivo. Mostrando sua valia para um profissional que tenha como objetivo uma vivência clínica mais rápida, precisa e confortável.

**Palavras chaves:** Técnica de moldagem odontológica, Tecnologia CAD/CAM, Odontologia digital, Fluxo Digital.

## ABSTRACT

Digital dentistry has been supplying the increasing demands made by patients with constant technological developments, mainly regarding aesthetics, precision, agility, clinical and laboratory handling. CAD / CAM systems are a mechanism for making prostheses based on the three-dimensional system, aiming to simplify and optimize the production of prosthetic structures with a high degree of aesthetics and quality. For this we use as a main focus in this literature review a survey of data from systems and scanners. The systems studied in this article were Cerec Omnicam, iTero, Trios and Medit i500, where they were analyzed according to veracity, precision and scanning methods. The databases used in this literature review were Google Scholar, PubMed, SciELO, LILACS, websites of the studied brands and a search in the library of the Federal University of Alagoas for relevant books and theses. In the periodical from 1994 to 2020 where the publications used were in Portuguese, English and German. In this literature review, the data obtained showed that the scanners analyzed have advantages and disadvantages, and it is up to the professional to analyze which scanner is best suited to their objective. Showing your value to a professional who aims to have a faster, more accurate and comfortable clinical experience.

**Keywords:** Dental Impression Technique, CAD/CAM Technology, Digital dentistry, Digital flow.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CAD/CAM</b>	– Computer aided design/Computer aided manufacturing Desenho auxiliado por computador/fabrico auxiliado por computador
<b>CEREC</b>	– Chairside economical restorations esthetic ceramics Restaurações cerâmicas estéticas econômicas de consultório
<b>CD</b>	– Cirurgião Dentista
<b>EUA</b>	– Estados Unidos da América
<b>STL</b>	– Estereolitografia
<b>Y-ZTP</b>	– Zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítria
<b>CoCr</b>	– Cobalto-crômio
<b>Dr.</b>	– Doutor
<b>3D</b>	– Três dimensões
<b>µm</b>	– Micrômetros
<b>HD</b>	– High Definiton
<b>°C</b>	– Graus celsius
<b>SS-OCT</b>	– Tomografia de coerência óptica de fonte corrida
<b>CRM</b>	– Modelo de referência
<b>CTM</b>	– Modelo de teste

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxograma do escaneamento – método indireto e direto.....	27
<b>Figura 2</b> - Aplicação de dióxido de titânio no preparo cavitário e nos dentes adjacentes.....	28
<b>Figura 3</b> – Fluxograma de trabalho com a tecnologia CAD/CAM .....	29
<b>Figura 4</b> – Linha de acabamento e equatorial; Relação com o antagonista; Oclusão; Forma da restauração.....	30
<b>Figura 5</b> - Protótipo do Cerec I, com o Dr. Werner Mörmann (esquerdo) e Marco Brandestini (direita).....	33
<b>Figura 6</b> – A Cerec I. ensaio de usinagem de base com rodas de diamante-revestido. B Disco de corte diamantado do sistema Cerec I C. Cerec 1: inlay emergindo de um bloco. ....	34
<b>Figura 7</b> - A. Cerec II: Broca cilíndrica diamantada. B. Cerec 3: brocas cilíndricas diamantada afuniladas.....	34
<b>Figura 8</b> - Imagem representativa do princípio da Triangulação .....	36
<b>Figura 9</b> – Imagem representativa do princípio de varredura a laser confocal .....	37
<b>Figura 10</b> – Princípio da triangulação comparada com o princípio de varredura a laser confocal .....	38
<b>Figura 11</b> – Escâner Medit.....	40
<b>Figura 12</b> – Software Medit – área selecionada em destaque.....	41
<b>Figura 13</b> – Modelos com irregularidade. C1, arco ideal; C2 dentição pouco apinhada; C3, dentição com apinhamento moderada; C4, dentição com apinhamento severo.....	42
<b>Figura 14</b> – Sequência de varredura. A, sequência correta do grupo no iTero; B, sequência do Trios; C, as imagens digitalizadas divididas em 6 seções: molar	

direito pré-molar direito, região anterior direita, molar esquerdo, pré-molar esquerdo, região anterior esquerda.....	43
<b>Figura 15</b> – Reprodução gráfica da análise feita pelo software Geomagic Control.....	44
<b>Figura 16</b> – Métodos de digitalização. A – Exterior-Interior; B – Quadrantes; C – Sextantes; D – Sequencial.....	47
<b>Figura 17</b> - Posição e tipo de dentes artificiais preparados do modelo.....	49
<b>Figura 18</b> - Os diagramas mostram os valores médios e máximos de veracidade e precisão dos scanners intraorais investigados.....	51
<b>Figura 19</b> - Desvio dos moldes digitais em relação ao scanner de referência. A faixa de desvio é codificada por cores de -200 µm (azul) a +200 µm (vermelho).....	52
<b>Figura 20</b> - Estratégia de escaneamento de arco completo.....	53
<b>Figura 21</b> - Comparação do mapa de diferença de cores de acordo com o scanner. (A) E1. (B), DOF. (C) CS3500. (D) CS3600. (E) Trios2. (F) Trios3. (G) i500.....	54
<b>Figura 22</b> - Comparação de valores nas regiões anteriores e posteriores de acordo com cada escâner.....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela I</b> - Resumo da tecnologia CAD/CAM nas próteses dentárias.....	32
<b>Tabela II</b> - Informações a respeito do escâner Cerec Omnicam.....	35
<b>Tabela III</b> - Características dos escâneres – Trios e iTero.....	39
<b>Tabela IV</b> - Características dos escâneres intraorais.....	49
<b>Tabela V</b> - Comparação de valores de cada dente utilizando os 5 escâneres intraorais e o dois escâner de laboratório.....	54
<b>Tabela VI</b> - Comparação de valores nas regiões anteriores e posteriores de acordo com cada escâner.....	55

## Sumário

<u>1. INTRODUÇÃO</u> .....	<u>13</u>
<u>2. OBJETIVOS</u> .....	<u>15</u>
<u>3. METODOLOGIA</u> .....	<u>16</u>
<u>4. REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	<u>17</u>
4.1 PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM.....	17
4.2 CONCEITO CAD/CAM .....	18
4.3 DIGITALIZAÇÃO, DESENHO E PRODUÇÃO .....	20
4.3.1 CAPTAÇÃO DE IMAGEM .....	21
4.3.2 SOFTWARE.....	22
4.4 SISTEMA CEREC.....	26
4.5 CEREC OMNICAM .....	27
4.6 CADENT ITERO.....	30
4.7 TRIOS – 3SHAPE.....	31
4.8 MEDIT I500 - SMARTDENT .....	32
4.9 ANÁLISE SOBRE SISTEMAS.....	34
<u>5 RESULTADOS</u> .....	<u>49</u>
<u>6 CONCLUSÃO</u> .....	<u>53</u>
<u>7 REFERÊNCIAS</u> .....	<u>54</u>

## 1. INTRODUÇÃO

O histórico da odontologia para com as necessidades do paciente é longo e muito significativo, onde é oferecido diversas opções restauradoras e protéticas, tendo como principal objetivo o de recuperar a função oral assim como manter a saúde do paciente. Durante o passar dos anos, os materiais utilizados na odontologia e a tecnologia empregada nas técnicas odontológicas progrediram notavelmente, dessa forma ocorreu uma otimização da precisão, da qualidade e do tempo que é esperado pelo paciente. (2)

Não há dúvidas de que um trabalho bom e de alta qualidade na odontologia advém de uma associação da colaboração de dentistas e técnicos em prótese dentária, para que se consiga um trabalho satisfatório sabe-se que a experiência é fator determinante para realização de um trabalho operador dependente. (2)

A prótese vem sofrendo ao longo dos anos diversas mudanças significativas em decorrência do desenvolvimento de diferentes materiais restauradores, que buscam por soluções cada vez mais inovadoras para os problemas estéticos que se mostram desafiadores, pois a exigência e as necessidades do paciente mostram-se cada vez maiores. (3).

A moldagem é uma técnica introduzida na odontologia e tem como objetivo a cópia de características da cavidade oral do paciente, para que ocorra a reprodução tanto dos tecidos moles quanto duros. Possibilitando transferir um quadro clínico para fora da boca, permitindo dessa forma um estudo guiado por esse material. A impressão dos elementos e estruturas orais se tornou indispensável para diversas áreas dentro da odontologia. (4)

O desenvolvimento da tecnologia CAD/CAM teve início na década de 80 com os estudos de Mormann. (3). O termo CAD/CAM atribui-se ao desenho que será realizado de uma estrutura protética em um computador (*Computer Aided Design*)

continuado de uma confecção por uma máquina de fresagem (*Computer Aided Manufacturing*). (4)

O sistema CAD/CAM mostra em suas restaurações, propriedades iguais ou superiores as confeccionadas pelo protético, porém com a vantagem de uma agilidade e precisão maiores e mais aprimoradas. (5).

O CAD/CAM funciona em sistema de três passos: digitalização do preparo dentário, desenho e produção da restauração. (6)

A tecnologia CAD/CAM teve e ainda vem tendo um grande desenvolvimento no que diz respeito ao *software* de desenho virtual, os materiais, a maquinação das restaurações e a leitura dos preparos. (7)

Após a criação e difusão da tecnologia CAD/CAM, diversos sistemas foram criados e comercializados. (8)

Conhecer a tecnologia e os sistemas disponíveis no mercado atual é tão importante quanto conhecer os materiais que se utiliza na moldagem convencional, pois se faz necessário conhecer suas propriedades, vantagens e limitações, visto que cada marca possui suas peculiaridades, e para ofertar a melhor escolha ao paciente o dentista precisa determinar qual sistema melhor se encaixa em sua realidade. Diferentes sistemas CAD/CAM possuem diferentes características, como sua praticidade, simplicidade no manuseio, velocidade de execução e precisão de imagem. A evolução tecnológica leva os sistemas a sempre estarem se melhorando e modificando, fazendo com que cada um tenha suas especificidades, porém apesar de suas diferenças todos possuem o mesmo princípio: impressão, planejamento e confecção. (9)

## **2. OBJETIVOS**

Realizar uma revisão da literatura, avaliando as melhorias, as vantagens, desvantagens e limitações que as novas tecnologias de moldagem digital trouxeram para a odontologia, trazendo à tona as características principais e o funcionamento. Apresentando as principais características de escâneres intraorais, como veracidade, precisão, riqueza de detalhes nas imagens. Mostrar as diferenças clínicas entre opções disponíveis no mercado como manuseio e os métodos de escaneamento.

### **3. METODOLOGIA**

Foi efetuado uma pesquisa para obtenção de artigos científicos nas bases de dados Google Acadêmico, PubMed, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e LILACS (Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde), por artigos em português, inglês e alemão, publicados no período de tempo abrangentes entre 1994 até 2020. Além das ferramentas de buscas citadas também se utilizou o site da empresa Sirona, da empresa Medit e da empresa 3Shape, e uma busca na biblioteca da Universidade Federal de Alagoas em livros, teses e dissertações.

Foram utilizados os seguintes descritores: Cad/Cam Technology; Sistema CAD/CAM; Moldagem digital; digital dentistry; Cad/Cam Restorations; Computer-Aided Design; Computer-Aided manufacturing; Dental Occlusion; Odontologia digital; Dental Restorations; Prótese dental; Dental prosthesis; Software; Cerec; Sistema Cerec; Dental Impression Technique; Intraoral scanner; Fluxo Digital; Digital flow; Sistema iTero; iTero review; Sistema 3Shape; Sistema Medit; Medit review; 3Shape review.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Procedimento de Moldagem

De acordo com Silva et al. (10), uma técnica de moldagem deve obedecer a alguns princípios, sendo eles: ser realizada em menor tempo possível, de fácil execução, baixo custo, confortável para o paciente e permitir a obtenção de modelos precisos.

A escolha do material adequado diminui as chances de que o Cirurgião dentista venha a cometer falhas e necessite repetir o processo de moldagem, o que reduz consideravelmente o tempo do primeiro atendimento até a confecção e cimentação da prótese, sendo necessário assim, que ele conheça a composição desses materiais. (11)

Na moldagem convencional há passos que são necessários e que devem ser realizados, como seleção de material, misturas em proporções corretas e limpeza após a moldagem. Nessa fase existe a possibilidade de falhas, que levaria a uma necessidade de repetição de todo o processo, além da correta moldagem, algo imprescindível, não podendo ter bolhas de ar, ausência de material em algumas regiões da moldeira ou uma adesividade inadequada (12)

O avanço tecnológico é perceptível a todos, as facilidades que a tecnologia oferece chegou aos lares, a comunicação interpessoal, a forma de se locomover e obviamente também modificou a odontologia, além das diversas mudanças no dia a dia clínico, esse grande avanço trouxe consigo uma importante discussão, se a utilização da moldagem digital seria a melhor escolha. A moldagem convencional foi e ainda é prevalente nas clínicas odontológicas, apesar de todos os transtornos que sua utilização traz tanto ao profissional quanto ao paciente, como teste de moldeiras, técnica de moldagem desconfortável, bolhas na hora do vazamento, alterações dimensionais, e diferentes técnicas de manipulação e armazenamento dos materiais, variando tanto em marca como em categoria. Não se deve negar sua eficácia, uma técnica que perdura por anos mostra que seus resultados são satisfatórios, porém o histórico da odontologia é de crescimento, mudanças e melhorias, em todas as áreas, como o avanço em relação a melhoria das resinas, dos cimentos, da cerâmica, a utilização de limas motorizadas na endodontia, de bisturi elétrico em cirurgias de gengivoplastia e entre outros exemplos. (4)

Através dos processos de computador e da moldagem digital é possível diminuir imprecisões que seriam resultantes do processo de fabricação manual/laboratório. (14)

#### **4.2 Conceito CAD/CAM**

O desenvolvimento do sistema CAD/CAM ocorreu pela indústria aeronáutica e automobilística, sua introdução na odontologia ocorreu entre o fim da década de 70 e início da década de 80. As pesquisas que culminaram no desenvolvimento do sistema ocorreram de forma separada, com Bruce Altschuler, nos EUA, François Duret, na França, e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça. (3)

Segundo Kayatt et al. (5), a tecnologia para obtenção de modelos digitais já existe comercialmente desde os meados dos anos 80, por meio do sistema Cerec da empresa Sirona, através dos estudos que ocorreram na Universidade de Zurique, na Suíça, onde o Professor de Odontologia Werner H. Mormann e o Engenheiro Marco Brandestini, Doutor em Ciências técnicas, deram início aos estudos que culminaram no desenvolvimento do sistema CAD/CAM e desde então este sistema evoluiu e continua evoluindo através de uma série de atualizações de *software* e *hardware*. Segundo Polido (15), existem artigos científicos que acreditavam que a evolução desse sistema ocorreria de tal forma que em 5 anos a maioria dos dentistas nos EUA e na Europa estaria utilizando os escâneres digitais para moldagem.

Trata-se, portanto, de um novo método, que visa eliminar etapas do processo da moldagem convencional existentes na elaboração de estruturas dentárias. A prótese que utilizar o novo método chamado CAD/CAM irá apresentar adaptações mais precisas quando comparada com o uso de métodos convencionais. (16)

É um sistema baseado por computadores e robótica, sua principal utilização é dividida em duas etapas principais e primordiais, o CAD e o CAM, sendo o *software* CAD (*computer aided desing*) um desenho assistido por computador, é a etapa onde é feita a criação e a análise utilizando um programa de computador, e o CAM (*computer aided milling*), sendo a etapa de produção comandada pelo computador, onde ocorre a fresagem e a usinagem. Essas duas etapas principais, definem o esqueleto da moldagem digital, sendo possível através delas, a confecção de uma prótese de forma mais rápida, com menor tempo de cadeira e com menor tempo laboratorial. (3,17)

O sistema CAD/CAM é o desenho de uma restauração de forma digital, que será posteriormente reproduzida por uma máquina de fresagem. (3)

Uma vantagem da implementação da tecnologia CAD/CAM que é perceptível ao cirurgião-dentista a longo prazo é de manter o controle artístico das restaurações a serem fabricadas e instaladas. Permitindo assim que o profissional passe a maior parcela do seu tempo na preparação do dente e no assentamento da restauração final. (14)

O fluxo do trabalho digital melhora o planejamento, o tratamento, o armazenamento e a recuperação de dados, pois o fato de ser armazenada de forma virtual facilita que o profissional, colegas de profissão ou o próprio paciente tenha acesso a esses dados. (12)

Uma das maiores preocupações na tecnologia CAD/CAM é em relação a precisão para todas as fases do processo de construção da restauração, que tem seu início com um sistema de captura de imagem. Tal tecnologia, referente à impressão da imagem, passa por constantes pesquisas, atualizações e melhorias que visam tornar o procedimento clínico cada vez mais preciso e simples, tanto para o cirurgião dentista como para o paciente. (18)

Diversas são as vantagens oferecidas pela tecnologia CAD/CAM em uma perspectiva do laboratório dental. Os sistemas CAD/CAM oferecem automatização dos procedimentos de fabricação com menos imprecisões e uma maior qualidade em um período mais curto de tempo, além de reduzir riscos de contaminação e infecções cruzadas que poderiam surgir no método convencional. Entretanto, os custos do sistema CAD/CAM são muito altos e para ser viável financeiramente a utilização desse sistema, é necessária uma produção rápida e em larga escala. (19)

Segundo Silva e Rocha (4), a comparação com o escaneamento de uma folha de papel é possível de ser feita, onde inicialmente pega-se uma folha de papel que contém informações que se deseja digitalizar, equivalente a cavidade oral com os preparos conforme os preceitos técnicos tradicionais, a folha deve ser escaneada por um leitor escâner, da mesma forma que o preparo deve ser escaneado por um escâner intraoral, após a imagem da folha ser escaneada, ela será enviada para o computador, onde é possível realizar modificações de texto utilizando programas específicos, da mesma forma que existem programas na moldagem digital, permitindo ao profissional,

fazer em análise uma escolha anatômica do elemento que se deseja confeccionar levando em consideração os seus dentes análogos, fazendo-se teste de oclusão com o antagonista e todas as mudanças necessárias para que sua adaptação ocorra da melhor forma possível e após a fase de mudança pelo programa ocorre a impressão dessa folha que foi escaneada e modificada, igualmente ocorre a confecção de uma peça protética totalmente elaborada e pronta para ser instalada, sendo enviada a unidade de fresagem onde ocorrerá uma escultura em um bloco de cerâmica ou resina.

Vantagens que o sistema CAD/CAM tem em um consultório privado são: ausência de restauração provisória (não havendo riscos de perda ou necessidade de uma recimentação da mesma), ausência de taxa de laboratório, evitar uma segunda sessão, eliminação da utilização de alguns materiais descartáveis que são necessários na moldagem convencional, a não irritação causada por restaurações provisórias, possibilidade de delegação para outros membros da equipe (se o mesmo passou por treinamento para ter afinidade com a tecnologia). (14)

Desvantagens que o sistema CAD/CAM tem em um consultório privado são: necessidade de aprendizado tanto para o cirurgião-dentista quanto de sua equipe, custo do equipamento, resistência a uma técnica nova que necessita alterar suas práticas clínicas e falta de confiança na tecnologia. (14)

Limitações que o sistema CAD/CAM tem em um consultório privado são: necessidade de aperfeiçoamento da equipe que deve ocorrer de forma contínua, dependência da captura da margem subgingival, analisar se o valor investido no equipamento será restituído em forma de lucro, necessidade de escolhas corretas e assertivas na cor dos blocos de cerâmica que se forem escolhidos de forma digital levam a um aumento de custos. (14)

### **4.3 Digitalização, Desenho e Produção**

A abordagem para a tecnologia CAD/CAM e as decisões que necessitam ser tomadas a cada restauração se tornou um processo mais fácil e mais previsível através de um *software* melhorado de moldagem, uma vasta gama de opções para o projeto de restauração e seleção de materiais que cumprem o objetivo desejado. (14)

### 4.3.1 Captação de imagem

Na etapa de digitalização pode-se fazer de duas formas distintas, direta (cavidade oral) ou indireta (modelo de gesso previamente confeccionado), sua realização direta ocorre sem ser necessário moldar o paciente, já que ocorrerá um escaneamento das estruturas desejadas, exemplificando em etapas seria necessário apenas duas: a digitalização direta e o modelo digital, em contrapartida a indireta conta com quatro etapas, a moldagem convencional, obtenção do modelo de gesso, a digitalização indireta do próprio modelo, e por fim o modelo digital. (9)

A utilização do escâner intraoral, moldagem direta, captura a imagem diretamente do meio bucal, tendo como vantagem uma maior comodidade para o profissional e o paciente, e sua fresagem pode ocorrer de duas maneiras, a *chairside*, onde escaneamento e fresagem são feitas no próprio consultório, e o *inlab*, onde o escaneamento ocorre no consultório e o arquivo (.STL) digitalizado é enviado para o laboratório, que será feito a fresagem da peça protética. (4)

Para obtenção de resultados positivos e satisfatórios, mesmo a moldagem digital sendo considerada uma técnica mais simples e fácil de realizar, é importante que quem vai operar o escâner intraoral, saiba como manuseá-lo, deve-se ter conhecimento que a área protética que se deseja digitalizar permanece de forma estática, e quem se movimenta é o escâner intraoral, sua distância deve ser constante, já que a variação pode interferir na precisão da imagem, e que o afastamento dos tecidos moles não devem ser ignorados e continua sendo uma etapa primordial para que a posterior adaptação ocorra de forma mais satisfatória. (4)

No escâner de bancada, moldagem indireta, ocorre uma associação de técnicas, inicialmente realiza-se a moldagem para obtenção do molde e posteriormente do modelo de gesso, que são etapas da moldagem convencional. O modelo de gesso será digitalizado e enviado para o *software*, essa técnica indireta tem como vantagem a eliminação do risco de variação da distância, já que é o modelo que irá se movimentar e o feixe de luz do escâner permanecerá fixo, assim evitando uma distorção da imagem. (4)

Figura 1 – Fluxograma do escaneamento – método indireto e direto



Fonte: Sirona Home Page (20)

Para que a digitalização ocorra de forma satisfatória, a colocação da câmera na boca deve seguir alguns protocolos, como o apoio da câmera nos dentes adjacentes ao dente preparado, dessa forma consegue-se estabilidade durante a impressão óptica, também deve-se fixar a imagem apenas no momento em que todos os ângulos e bordas do preparo dentário estiverem visíveis. A direção que a imagem deve ser captada pela câmera idealmente deve coincidir com o eixo de inserção da restauração, pois uma inclinação errada poderá criar ângulos mortos, dificultando dessa forma a impressão da área em questão, que poderá levar a erros na confecção e adaptação da peça. (22)

#### 4.3.2 Software

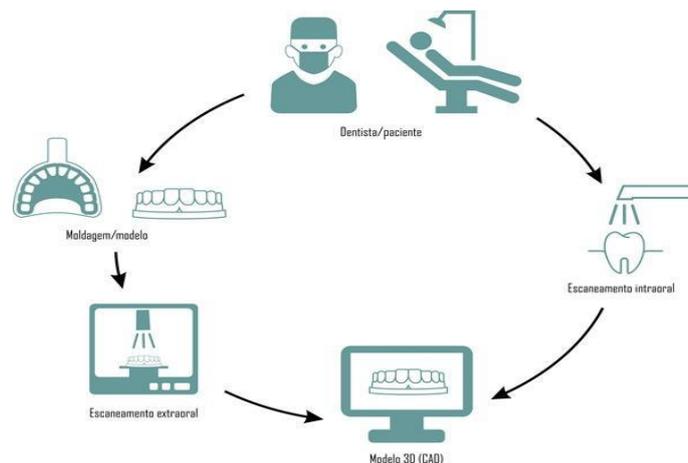
Os *softwares* utilizados, possuem um banco de dados com os mais variados formatos de dentes, abrangendo assim diversas anatomias, segundo Bernardes et al. (17). Os *softwares* podem ser: abertos, onde esses “importam” imagens de quaisquer *scanners*, bem como “exportam” ou enviam dados para quaisquer máquinas de usinagem controlada; ou fechados, esses programas só aceitam recebimento e envio de dados para determinadas máquinas de captação de imagens e usinagem. Segundo Correia et al. (3) esses sistemas podem ainda classificar-se segundo o local onde são utilizados: clínica ou laboratório. A grande maioria dos sistemas funcionam em laboratório; no entanto, existem sistemas que possuem ambas as modalidades:

*Chairside*, especialmente para a clínica, e *inLab*, essencialmente para o laboratório. (9)

Após o preparo dentário ser digitalizado sua imagem é transferida para o computador onde é possível a quem está operando o *software* realizar desenhos de forma virtual para a confecção da estrutura protética. Onde será definido linhas de acabamento, espaçamento, espessura e oclusão. Apesar de ser considerado uma técnica simples de executar, se faz necessário que o operador tenha conhecimento de informática e do *software* que estiver utilizando para assim atingir e utilizar todas as funções disponíveis. (4)

Segundo Trost et al. (14), o *software* tornou-se muito mais simples e a curva de aprendizagem inicial tem melhorado muito nos últimos cinco anos.

Figura 3 - Fluxograma de trabalho com a tecnologia CAD/CAM



Fonte: Oliveira (23)

Deve-se ter outros cuidados adicionais, já que a presença de sangue ou saliva durante o procedimento, pode levar a falha da técnica, pois escâneres ópticos capturam imagens perfeitamente visíveis, dessa forma a região subgengival e o término do preparo protético, pode ficar comprometido se esses fatores citados anteriormente estiverem presentes.

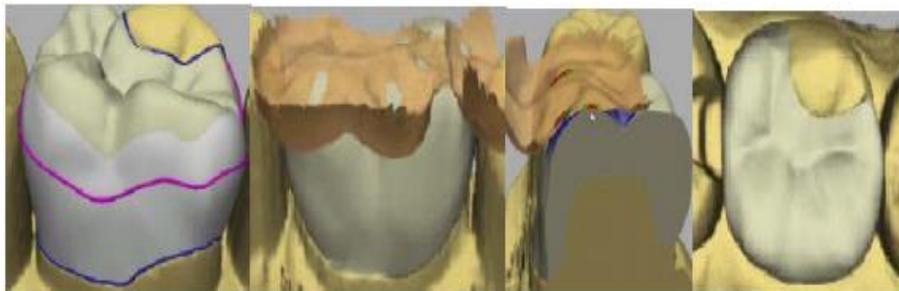
A captação do preparo dentário e do dente antagonista é realizado através de uma câmera óptica, essas imagens serão posteriormente enviadas para o *software* do sistema. Obtendo assim uma imagem virtual 3D, onde o cirurgião dentista pode traçar as linhas necessárias para a confecção da prótese ou traçar automaticamente

pele *software*, conseguindo dessa forma uma adaptação ideal da restauração ao preparo dentário. (20)

O desenho da restauração pode utilizar duas funções, a correlação e/ou o banco de dados. A correlação usa a imagem previamente capturada do preparo e a anatomia do dente em questão ou do enceramento de diagnóstico. Com essa imagem o programa faz a sobreposição das imagens iniciais e finais para que dessa forma ocorra a construção de uma restauração virtual. O banco de dados possui as mais variadas e diferentes formas anatômicas, tornando possível ao operador fazer a escolha que melhor se encaixa e se adapta ao caso em específico. (24)

Devendo sempre ser feita uma análise da linha de acabamento, a linha equatorial, a relação da restauração com a respectiva arcada, levando em conta tamanho e forma, os pontos de contato, a oclusão e a relação com a arcada antagonista. (24)

Figura 4: Linha de acabamento e equatorial; Relação com o antagonista; oclusão; forma da restauração



Fonte: Sirona – Home Page (20)

### 4.3.3 Produção

No processo CAM, ocorre o controle de tornos e/ou máquinas que desempenham sua função no processo de usinagem com exatidão a partir de uma lista escrita em um código exclusivo. Tal código permite o controle paralelo de diversos eixos para corte da matéria prima. Dessa forma os cuidados com o corte e a usinagem são controlados automaticamente. (17)

Podendo ser classificada como industrial, laboratorial ou clínico. O clínico e o laboratorial são menores e mais leves, facilitando assim o manuseio, ambos de custo

mais acessíveis, já os industriais são maiores, mais pesados e mais caros, cada um deles possuindo vantagens e desvantagens, o menor facilita sua utilização, já que seu deslocamento ocorre de maneira mais fácil, e os maiores tem uma capacidade superior de cópia de pequenos detalhes.

Em uma restauração feita com cerâmica, se for realizada uma contabilização do número de casos bem sucedidos e/ou mal sucedidos, a taxa de sobrevivência das restaurações é lida de forma variável, pois não se trata de uma constante, depende do material utilizado, aplicação clínica, técnica de fabricação, e definição do autor do que seria falha. (25)

Tabela I: Resumo da tecnologia CAD/CAM nas próteses dentárias.

Tecnologias CAM	Industrial	Laboratorial	Clínico
Propriedades	Menor investimento inicial, pois o modelo é enviado para centrais de escaneamento	Maior investimento inicial (normalmente scanner de bancada, computador, torno e fornos, dependendo do material a ser empregado)	Investimento inicial médio quando há o envio dos dados para centrais de usinagem industrial ou laboratorial (neste caso, investimento em scanner intraoral e computador). Por outro lado, o usuário pode investir mais se desejar ter todo o processo CAD/CAM: em torno e fornos dependendo do material a ser empregado
	Escaneamento intraoral ou do modelo de gesso	Escaneamento do modelo de gesso	Escaneamento intraoral ou do modelo de gesso
	Depende de controles internos fabris (processos mais burocratizados). Envio de peças pelo correio	Rapidez e agilidade na entrega da restauração	Rapidez e agilidade na entrega da restauração quando o processo fabril estiver dentro do mesmo ambiente que o paciente
	Oferece garantia	Custos de retrabalho serão sempre do proprietário	Garantias dependem se o profissional quer ter todo o processo ou não
	Controle de adaptação fabril (maior controle) direto sobre modelos de gesso ou em réplica dos modelos/troquel gerados a partir dos escaneamentos (protótipos rápidos em Estereolitografia)	Controle de adaptação convencional sobre o modelo de gesso	Controle de adaptação convencional direto sobre os dentes ou em modelos de gesso

Fonte: Bernardes et al. (17)

Um resumo da tecnologia CAD/CAM aplicada as próteses dentárias, segundo Bernardes et al. (17), temos o escaneamento ou digitalização da imagem (CAD): Intraoral (ambiente clínico) e Extraoral (ambiente laboratorial ou industrial); Software ou programas de computação (CAD): Aberto e fechado; Fabricação (CAM): Usinagem industrial, usinagem laboratorial, Usinagem clínica tecnologias diferentes da usinagem (podem ser laboratorial, industrial ou clínica); Material odontológico restaurador: Metais (titânio, Cobalto/Crômio - CoCr), Cerâmicos (Dissilicato de lítio, zircônia/Y-ZTP, Feldspática reforçadas), Acrílicos e Ceras; Tipos de prótese/produto final: Unitárias (Metalocerâmicas ou cerâmicas puras), Parciais (Metalocerâmicas, cerâmicas puras, Metaloplásticas ou ambas), Totais (Metalocerâmicas, cerâmicas puras, Metaloplásticas ou ambas).

#### 4.4 Sistema Cerec

O termo Cerec teve sua origem de *ceramic reconstruction* (reconstrução cerâmica), hoje em dia a própria empresa fabricante utiliza o termo CEREC como um acrônimo, *Chairside* (em consultório) *Economical* (econômico) *Restoration* (restaurações) *Esthetic* (estética) *Ceramics* (cerâmica) (restauração econômica de cerâmicas estéticas realizada em consultório). (3)

A tecnologia CAD/CAM do sistema Cerec *chairside* é vista como uma revolução da área odontológica, pois tornou realizável, produzir *inlays*, *onlays*, facetas e coroas de forma rápida, fácil e eficaz. (19)

A pergunta feita pela Dr. Mormann era como poderia realizar uma restauração rapidamente, na cadeira odontológica em sessão única. Seus estudos o fizeram chegar à conclusão de que a solução desse problema era realizar uma varredura de cavidades e elementos da boca para a confecção de uma restauração, porém, como isso poderia ocorrer de forma rápida? Como os dados obtidos poderiam ser transferidos para um computador e posteriormente controlados por uma máquina? (8)

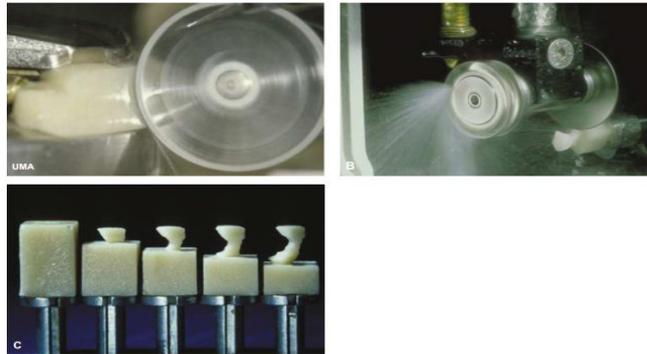
Para tal fim, contou com a ajuda do engenheiro elétrico, o italiano Marco Brandestini, questionando se cavidades podem ser digitalizadas por ultrassom. Chegaram à conclusão que através de ultrassom não seria possível, pois o comprimento de onda é grande demais, entretanto acreditou que a impressão do meio oral era possível através da impressão óptica. (8).

Figura 5: Protótipo do Cerec I, com o Dr. Werner Mörmann (esquerdo) e Marco Brandestini (direita)



Fonte: Mormann (8)

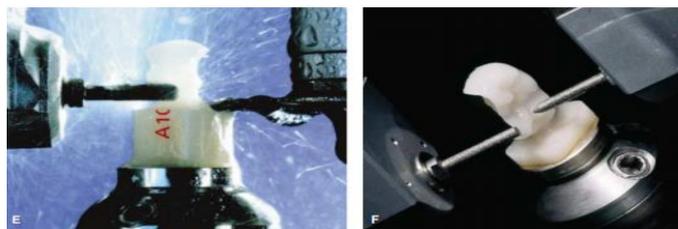
Figura 6: A Cerec I. ensaio de usinagem de base com rodas de diamante-revestido. B Disco de corte diamantado do sistema Cerec I C. Cerec 1: inlay emergindo de um bloco



Fonte: Mormann (8)

O sistema CAD/CAM porém, só lograria êxito se mais uma pergunta fosse respondida e solucionada, como mover os registros de dados adquiridos pela digitalização para um computador e como ocorreria a associação a um *software*, onde o usuário pudesse modificar e analisar toda a informação recolhida, desta forma, Mormann e Brandestini chamou para o projeto, Alain Ferru, um engenheiro de *software* francês, onde o programa a ser desenvolvido deveria além dessa correlação com a primeira fase da digitalização, teria que ter os conceitos básicos da odontologia, como a anatomia dental e princípios de oclusão, margem da cavidade e contatos proximais. (8)

Figura 7: A. Cerec II: Broca cilíndrica diamantada. B. Cerec 3: brocas cilíndricas diamantada afuniladas.



Fonte: Mormann (8)

Com novas tecnologias surgindo a todo momento no mercado atual, o sistema Cerec também foi se atualizando para implementar cada vez mais melhorias e facilidades no manuseio do seu *software* e no seu *hardware*.

#### 4.5 Cerec Omnicam

A partir de 2013, o Cerec Omnicam, o novo escâner introral da Sirona chegou ao mercado, tendo como diferencial praticidade e comodidade (20)

Trazendo um *design* ergonômico, que dessa forma proporciona um melhor ajuste ao profissional, ocasionando uma melhor digitalização, visto que se o profissional consegue manipular melhor o escâner, ele vai conseguir direcionar a luz em ângulos e locais de forma mais fácil e precisa, conseguindo uma digitalização tanto da arcada superior quanto da inferior sem ter a necessidade de modificar a posição do paciente. (20)

A cavidade oral possui uma gama de variação de tecidos, a digitalização consegue trazer essa distinção, o que facilita ao operador a identificação de margens, tecidos, e até mesmo materiais restauradores que estejam presentes. (20)

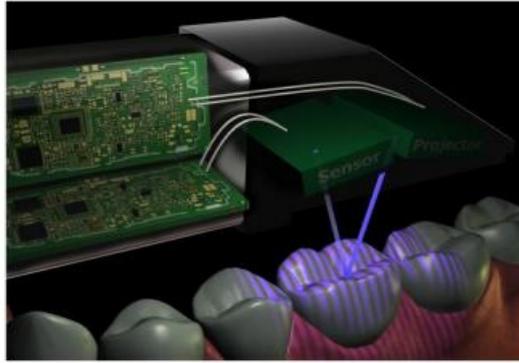
Tabela II – Informações a respeito do escâner Cerec Omnicam

Técnica	Imagens coloridas contínuas: a aquisição de dados contínua gera um molde 3D.
Área de aplicação	Dente individual, quadrante, maxila integral. A isenção de pó é tanto mais vantajosa quanto maior for a área de escaneamento.
Dimensões	Comprimento total: 228 mm Comprimento do cabo: 108 mm Altura e largura da ponta: 16 mm
Peso	313 g
Profundidade de campo	A câmera é movida entre 0 – 15 mm sobre a superfície do dente.
Dados abertos	Sim.
Sem encargos pelo uso do Sirona Connect: (transmissão dos dados da impressão a um laboratório externo)	Sim.
Pode ser combinada com uma unidade fresadora	Sim.
Modo de aconselhamento do paciente	Sim.
Escaneamento 3D em cores	Sim.
Necessidade de camada de pó	Não.
Vantagens	Escaneamento isento de pó; Imagens 3D precisas e em cor natural.

Fonte: Sirona – HomePage (20)

O sistema Cerec utiliza o princípio de triangulação, ou seja, um padrão de luz em listras é projetado sobre a área que se deseja escanear. Onde o raio será novamente refletido sobre o sensor, e essa distância entre a projeção e a reflexão é mensurada, quando o reflexo do raio de luz do projetor chega ao sensor forma-se o triângulo. (4)

Figura 8: Imagem representativa do princípio da Triangulação



Fonte: Van der Meer et al. (26)

Por não precisar de contato, é muito útil para o escaneamento de materiais moles, delicados e úmidos. Utilizando a fonte luminosa que atingirá o objeto e irá medir a distância do comprimento de onda, criando dessa forma o objeto em 3D. (27)

Cerec Omnicam veio para facilitar o uso do sistema e a obtenção de dados mais precisos. Não há necessidade de pó para as estruturas dos dentes naturais e gengiva, basta colocar a câmera sobre a área relevante e a digitalização é iniciada automaticamente. A eliminação do revestimento do preparo em pó durante a digitalização significa uma melhoria no aprendizado e um aumento substancial do conforto do paciente. (20).

O utilizador só precisa mover a câmera próxima aos dentes em um único movimento fluido. Os dados serão gerados gradativamente em um modelo 3D que pode ser em tempo real visto pelo cirurgião dentista. O processo de digitalização proporciona uma impressionante profundidade de campo e como os dados serão sempre armazenados, pode parar o processo de captura de imagem e voltar em qualquer ponto do preparo (20).

O modelo 3D é exibido no monitor e junto com a detecção de tonalidades as superfícies são mostradas nos seus tons naturais e muito perto da realidade, que além de dar um maior suporte e certeza do tom de restauração adequado, também irá ajudar na distinção clínica entre a gengiva e a preparação dentária. (20).

Cerec Omnicam vem também com a função de gravar vídeos, fazendo com que seja mais fácil e prático explicar ao paciente quais são as necessidades e o porquê

de cada tratamento, e isso irá facilitar o entendimento e a melhor aceitação das diversas opções durante o atendimento. (20).

A fresagem do sistema Cerec tem uma exatidão nas restaurações de  $\pm 25\mu\text{m}$ , a sua alta nitidez e luzes indicativas coloridas chegam para garantir uma facilidade durante seu uso. Sendo possível a depender da unidade de fresagem e do *software* que se está utilizando, uma fresagem em cerca de 8 a 18 minutos. (20)

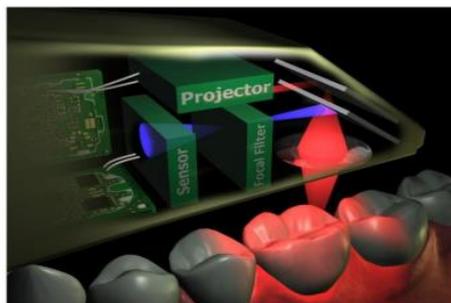
#### 4.6 Cadent iTero

O sistema iTero foi desenvolvido pela Cadent em 2006, posteriormente sendo comprada pela *Align Technology* em 2011. (Bosio et al), onde começou a ser comercializado em meados de 2007. (15)

Esse sistema se encontrava em expansão com uma melhoria na velocidade de captação de imagem e upgrade no hardware, a partir de 2008 já se tornava possível uma varredura completa do arco dental, e em 2010 a iTero permitia uma produção em fluxo de trabalho 100% digital. (28)

O sistema iTero utiliza o princípio de varredura a laser confocal, onde um laser vermelho é projetado sobre os dentes. Por meio de um divisor de feixe, o feixe que será refletido é conduzido através de um filtro, dessa forma apenas a imagem do ponto central da lente é que será projetada sobre o sensor, para que ocorra toda a digitalização da área, a lente necessita que ocorram movimentações em diferentes direções. (4) É um sistema que captura 100 mil pontos de luz laser e produz imagens com foco perfeito de uma profundidade focal das estruturas dos elementos dentários, onde sua precisão possibilita capturar os preparos a nível subgingival. (15)

Figura 9 : Imagem representativa do princípio de varredura a laser confocal



Fonte: van der Meer et al. (26)

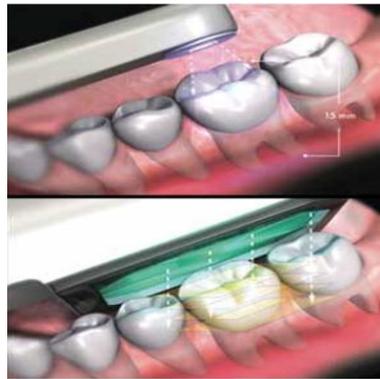
Essa técnica de obtenção de imagem, proporciona uma alta definição e obtenção de profundidade, a imagem capturada será reconstruída por um software. (27)

Pelo fato de o escâner não necessitar utilizar um agente de contraste, permite o contato da ponta do scanner com a superfície dental diretamente durante o processo de moldagem digital. (27)

Os modelos mais atuais apresentam a unidade de captação de imagem menor e menos volumosa, sendo dessa forma mais confortável para o paciente. (27)

O processo de escaneamento dos dentes e da relação oclusão utilizando o sistema da iTero leva cerca de 10 a 15 minutos. (27)

Figura 10: Princípio da Triangulação comparada com ao princípio de varredura a laser confocal



Fonte: Jones (28)

#### **4.7 Trios – 3shape**

A 3Shape iniciou-se quando dois estudantes de pós-graduação Tais Clausen e Nikolaj Deichmann fundaram na capital da Dinamarca no ano de 2000 o plano piloto desse sistema. (29)

O escâner da 3Shape é capaz de realizar a digitalização de um modelo em poucos minutos, onde as imagens que serão geradas são coloridas e o sistema não possui dificuldade em regiões edêntulas, o tamanho do escâner é pequeno e sua anatomia permite que seja feita a varredura tanto na arcada superior quanto na arcada inferior. (27)

Após o escaneamento as imagens geradas são transmitidas para um arquivo online da própria empresa, não necessitando uma transferência externa dos dados, proporcionando aos pacientes um maior sigilo de dados e ao operador uma facilidade

de acesso, já que mediante login e senha é possível acessar tais dados. Sua transmissão de dados para o laboratório é feita através de um arquivo .STL. (27)

Seu valor ainda é uma de suas maiores desvantagens, além disso o suporte técnico é em sua maioria realizado pela empresa que vendeu o sistema e não pela fabricante. (27)

As vantagens desse sistema é a obtenção de filmagens, facilidade de utilizar o escâner, e a captura em cores da cavidade intraoral, tornando dispensável a fotografia dos elementos. (27)

O sistema para obtenção de imagem é a mesma da iTero, varredura a laser confocal, onde ele irá capturar diversas imagens em um curto período de tempo, sua câmera possui a necessidade de ser posicionada sobre as estruturas que se deseja capturar. (27, 30)

Tabela III: Características dos escâneres – Trios e iTero

Características/Marcas	TRIOS	I-TERO
Empresa	3Shape Copenhagen Denmark	Align Technology San Jose, CA
Ótica	Confocal Laser Microscopy	Confocal Laser Microscopy
Ano de Lançamento	2010	2006
Tempo de aquisição (em minutos)	5	10-15
Uso de Contraste	Não	Não
Arquivo Exportado	STL	STL

Fonte: Bosio et al. (27)

#### 4.8 Medit i500 - SmartDent

O sistema Medit foi fundado por Minho Chang em 2000, em Seul na Coreia do Sul, seu fundador tinha como objetivo alcançar um tratamento odontológico de qualidade com a tecnologia 3D. (31)

Consiste em um sistema CAD/CAM aberto, pois possibilita a exportação de arquivos .STL, o que dessa forma facilita a transferência desses arquivos. (31)

Também possui duas câmeras de alta velocidade o que proporciona uma maior velocidade de escaneamento, dispensa a necessidade da utilização do pó na maioria dos casos, o que torna o escaneamento ainda mais rápido e confortável para o paciente (31)

O novo escâner intraoral do sistema Medit o i500 traz um sistema otimizado, flexível e eficiente, além da sua ponta pequena que torna as manobras intraorais mais

fáceis e um conforto maior aos pacientes. Outra vantagem desse escâner é o controle de botão único, onde permite ao operador iniciar, passar para a próxima digitalização e parar pressionando apenas um único botão. É leve e fácil de manipular, pesando apenas 280 gramas o que torna possível uma digitalização mais longa sem ser danosa ao usuário. (31)

Figura 11 : Escaner Medit



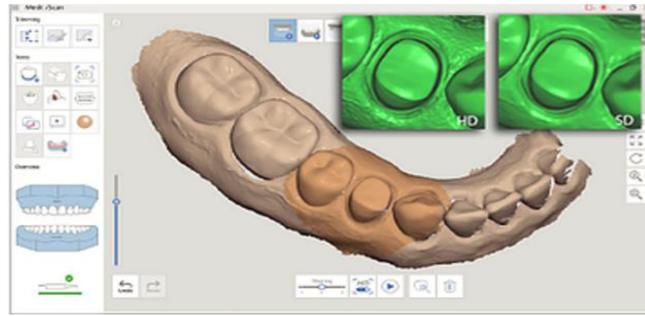
Fonte: Medit – HomePage (31)

Sua alta resolução e a captura de cores em 3D tornam fácil a localização das linhas de margem, e que ocorra uma distinção entre estruturas dentárias e tecidos moles, tornando a digitalização rica em detalhes. (31)

Seu *software* é um sistema simples o que torna possível um entendimento mais rápido e assim uma incorporação mais simples na clínica ou no laboratório. (31)

O iScan, *software* do sistema Medit, possui algumas funções como a criação automática (e manual, ficando a critério do usuário) das linhas de margem, uma digitalização em HD apenas de áreas específicas, permitindo dessa forma que ocorra uma digitalização mais rápida e eficiente, onde a área selecionada estará destacada para a comodidade do usuário. (31)

Figura 12: Software Medit – área selecionada em destaque



Fonte: Medit – HomePage (31)

Além dessa função de digitalização em 3D, o escâner permite sua utilização como câmera intraoral, viabilizando tirar fotos em HD, e o iScan traz a função de análise de oclusão, trazendo dados numéricos além de uma verificação da distância do elemento preparado e o dente antagonista. (31)

#### 4.9 Análise sobre sistemas

Com a chegada de diversos tipos de escâneres intraorais, vários estudos sobre sua precisão e veracidade também foram produzidos. A precisão de um escâner pode ser definida utilizando 2 parâmetros: veracidade e precisão. (32) A veracidade nos diz respeito à capacidade do escâner reproduzir o objeto, que nesse caso, são os dentes ou a arcada dentária, de forma mais verdadeira possível, sem que haja deformação ou distorção, enquanto a precisão vai nos indicar o quão preciso é a imagem quando feita diversas vezes sob as mesmas condições, então esta está ligada a reprodutibilidade. (33, 34)

Um estudo feito por Anh, Ji-Won et al. (37) em 2016, teve como objetivo procurar se o alinhamento dos dentes e a sequência de escaneamento afetam a precisão das imagens 3D. Esse estudo foi feito escaneando quatro modelos com graus diferentes de apinhamento, em localizações diferentes e duas direções diferentes, usando dois tipos de escâneres. Após isso as imagens foram sobrepostas, utilizando o *software Geomagic Verify. (3D Systems Inc., Rock Hill, SC, EUA)*

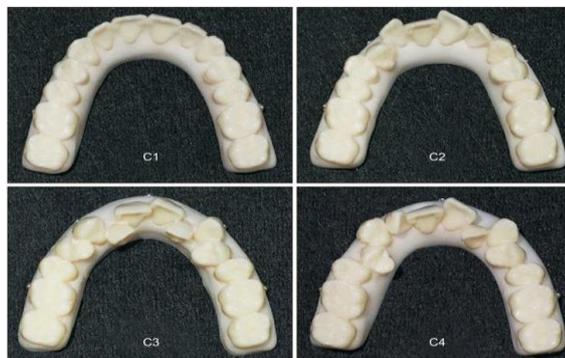
Para minimizar a influência do alinhamento molar e as diferenças na forma e tamanho do arco, os segundos pré-molares e os primeiros e segundos molares foram colocados na mesma posição e largura. O apinhamento foi utilizado aleatoriamente

apenas nos dentes primeiros pré-molares, caninos e incisivos laterais e centrais. Então o apinhamento foi colocado apenas na região anteroposterior e não incluiu desvios na altura vertical. (37)

O mesmo procedimento de escaneamento foi feito utilizando dois tipos de escâneres intraorais, o iTero (*Align Technology Inc., San Jose, CA, EUA*) e o Trios (*3Shape Dental Systems, Copenhagen, Dinamarca*). Um único pesquisador já treinado foi utilizado para o escaneamento de todas as regiões e cada escaneamento foi repetido seis vezes. (37)

Os resultados obtidos pelo Anh, Ji-Won et al. (37), foram que no caso da iTero, quando relacionado com a precisão de acordo com a gravidade da irregularidade dentária, não houve diferença estatisticamente significativa de todo o arco dentário. Já para o Trios houve uma diferença estatisticamente significativa nos desvios no Molar direito e Região anterior direita, mas não houve diferença significativa nas outras áreas.

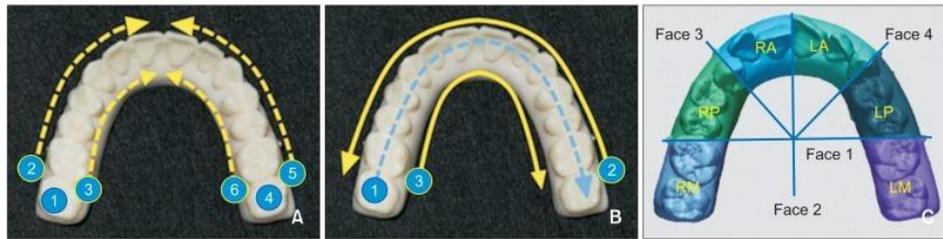
Figura 13: Modelos com irregularidade. C1, arco ideal; C2, dentição pouco apinhada; C3, dentição com apinhamento moderada; C4, dentição com apinhamento severo.



Fonte: Anh, Ji-Won et al., 2016 (37)

Quando relacionamos com a sequência de varredura, para o iTero houve desvio em todas as áreas, e no caso da Trios houve desvios significativos em 5 áreas (Molar direito, Pré molar direito, região anterior direita, Região anterior esquerda e Molar esquerdo). (37)

Figura 14: Sequências de varredura. A, sequência correta do grupo no iTero; B, A sequência do Trios; C, as imagens digitalizadas divididas em 6 seções: molar direito, pré-molar direito, região anterior direita, molar esquerdo, pré-molar esquerdo, região anterior esquerda.

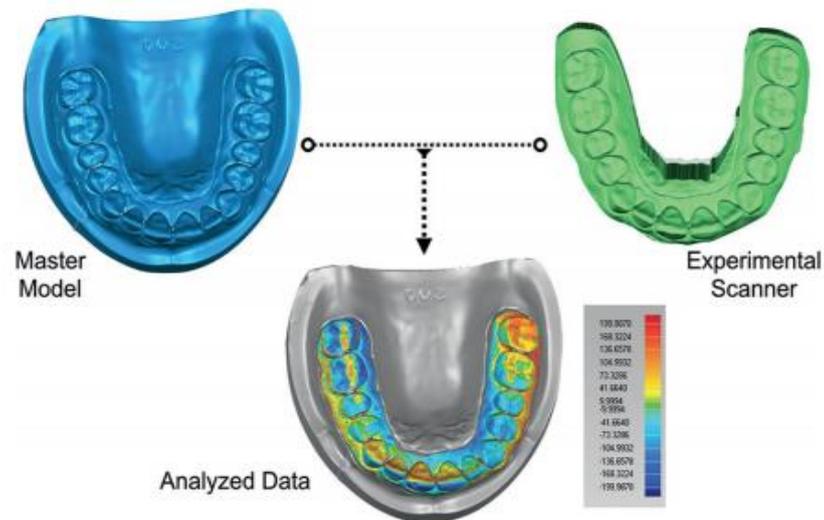


Fonte: Anh, Ji-Won et al., 2016 (37)

Já ao realizar um comparativo entre os escâneres, foi constatado que os desvios médios do iTero e Trios foram  $29,84 \pm 12,08 \mu\text{m}$  e  $22,17 \pm 4,47 \mu\text{m}$ , respectivamente. Portanto, o desvio do iTero foi significativamente maior que o do Trios. Houve desvios em quatro regiões (Molar direito, pré-molar direito, região anterior direita e região anterior esquerda) e em todo o arco mostrou-se diferenças estatisticamente significativas entre os dois escâneres. (37)

Em um segundo estudo que foi realizado por Renne et al. (30) foram avaliados três escâneres, sendo eles: Cerec Omnicam, Cadent iTero e 3Shape Trios 3. Esse estudo teve como objetivo avaliar a precisão quando feito o escaneamento em um sextante e uma impressão digital de arco completo. A veracidade e precisão foram calculadas utilizando um modelo de referência, esse modelo de referência foi criado com um *ATOS Triple Scan*, que é um escâner industrial com uma veracidade de  $3\mu\text{m}$  e uma precisão de  $2\mu\text{m}$ . A partir disso foi feito cinco vezes a impressão do arco completo e cinco vezes a impressão digital do sextante com um mesmo profissional e de acordo com as instruções de cada fabricante. Após a impressão, as imagens eram levadas a um programa de análise 3D (*Geomagic Control*), e então a imagem era comparada com a imagem referência, os valores máximos e mínimos são exibidos no programa. Outro operador fez o registro do tempo gasto utilizando um cronômetro.

Figura 15: Reprodução gráfica da análise feita pelo software Geomagic Control



Fonte: Renne et al. (30)

Foram feitas tabelas evidenciando os dados brutos, com termos de média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo. Depois de feita a análise e comparação, a ordem de veracidade quando os sextantes foram escaneados do mais verdadeiro para o menos é a seguinte: Cerec Ominicam>Cadent iTero>3Shape Trios 3. Também foram avaliadas as estatísticas de precisão com os mesmos indicados e após análise e comparação foi visto que a ordem do mais preciso para o menos preciso foi a seguinte: Cadent iTero>Cerec Ominicam>3Shape Trios 3. (30)

Os resultados indicam que a ordem da veracidade quando os arcos completos foram digitalizados são os seguintes: Cadent iTero>3Shape Trios 3> Cerec Ominicam. A ordem do mais preciso ao menos preciso com a varredura de arco completo é a seguinte: Cadent iTero>3Shape Trios 3> Cerec Ominicam. (30)

Apesar das diversas variáveis, este estudo não replicou uma situação clínica real e possui várias limitações. Na maioria dos pacientes, vários substratos são digitalizados, incluindo amálgama, cerâmica, metal fundido, resina composta, dentina, esmalte e tecidos moles. (30)

Embora uma comparação direta com os resultados publicados seja difícil devido a variações no desenho do estudo, os resultados deste estudo estão de acordo com os valores relatados na literatura para veracidade e precisão dos sistemas de impressão intraoral. Um estudo feito por Hack et al. (38) considerou o 3Shape Trios 3

como o scanner mais verdadeiro ao avaliar um único dente. Por outro lado, este estudo descobriu que o iTero era o mais verdadeiro para sextantes. A discrepância nos resultados entre este estudo e a de Hack et al. (38) pode ser devida a diferentes materiais sendo digitalizados, diferentes versões de software sendo usadas, diferentes números de dentes sendo analisados ou diferentes softwares de análise sendo utilizados. (30)

O Cadent iTero foi o escâner intraoral que apresentou o melhor desempenho para arcos completos, porém, também foi o mais lento. Portanto, houve uma forte correlação com o tempo de varredura (com renderização) para varredura de arco completo e veracidade e precisão. Os tempos de renderização devem ser levados em consideração, pois esse é o tempo que um sistema leva para fabricar um modelo digital a partir da impressão. O sistema que teve a melhor combinação de velocidade, exatidão e precisão para a varredura de arco completo foi o 3Shape Trios 3. Esse sistema era o mais preciso dos sistemas de velocidade de vídeo para lidar com a varredura em arco completo e também era apontado como rápido e fácil de usar. (30)

Mais pesquisas são necessárias, e um método padronizado precisa ser desenvolvido para avaliar e comparar vários sistemas de impressão intraoral. Como a contabilização de versões de software, a variabilidade do substrato de digitalização e as configurações do arco são difíceis, os resultados deste artigo devem ser interpretados com cautela. Só é possível tirar conclusões para o cenário exato de digitalização descrito neste documento. (30)

O estudo de Medina-Sotomayor et al. (39) em 2018, teve como propósito determinar qual método de digitalização obtém resultados de precisão e exatidão melhores, os sistemas de impressão utilizados foram Trios (versão de software 1.4.5.3, 3Shape *Dental Systems*), iTero (versão de software *OrthoCAD 5.7.0.301* Cadent LTD, *Align Technology Inc.*) e Cerec AC Omnicam (versão de software *Cerec SW 4.4.4*; Sirona);

Um molde da arcada superior foi fabricado com resina epóxi *Exakto-Form*, consiste em um material resistente ao desgaste e totalmente opaco, nesse molde foram feitos preparos clínicos complexos para que pudesse ter uma simulação de uma arcada real, como *onlays*, pilares dentários, próteses fixas, e esse molde foi colocado

em uma caixa de metacrilato preta e opaca, que evitaria a reflexão de luz e assim poderia simular a cavidade oral. (39)

Os quatros métodos de digitalização foram realizados 10 vezes com cada sistema, que foram previamente calibrados seguindo as diretrizes dos fabricantes. (39)

Os métodos utilizados foram:

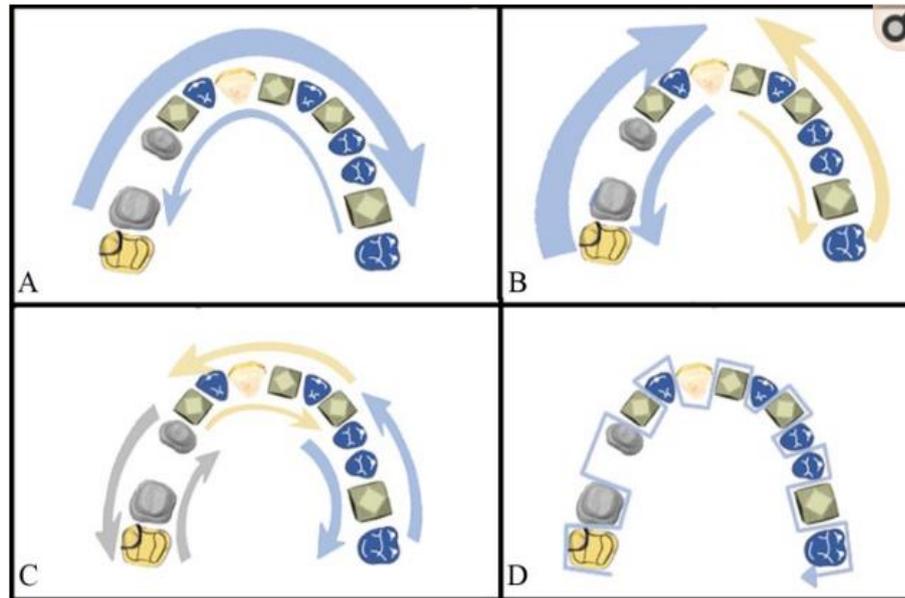
Exterior-interior (A): Iniciando-se nas superfícies oclusais do segundo molar esquerdo até o segundo molar direito, depois fazendo o percurso inverso por vestibular e novamente trocando a ordem por palatina. (39)

Quadrantes (B): Iniciando nas superfícies oclusais, começando do incisivo direito até o segundo molar direito, retorna pelas superfícies vestibulares e depois palatinas. Após a varredura do lado direito, iniciasse nas superfícies oclusais, começando pelo incisivo central esquerdo seguindo até o segundo molar esquerdo, e mais uma vez retornando pelas superfícies vestibulares e palatinas. (39)

Sextantes (C): Iniciando pelas superfícies oclusais, começando com o segundo molar direito até o primeiro pré-molar direito, retorna por vestibular e depois por palatina. Depois as superfícies oclusais (Borda incisal/ponta de cúspide) de canino direito até canino esquerdo, retornando pela superfície vestibular e depois palatina. E por último as superfícies oclusais de primeiro pré-molar esquerdo até o segundo molar, retornando pelas superfícies vestibulares e depois as palatinas. (39)

Sequencial (D): Movimento em “S”, uma varredura sequencial das três superfícies de cada elemento (oclusal, vestibular e palatina) começando do segundo molar direito. (39)

Figura 16: Métodos de digitalização. A – Exterior-Interior; B – Quadrantes; C – Sextantes; D – Sequencial.



Fonte: Medina-Sotomayor et al. (39)

Os arquivos que foram obtidos com os escâneres foram convertidos para .STL (iTero, Trios), já os arquivos do sistema Cerec, foram utilizados no *software* da própria Omnicam. Dessa forma conseguiu-se analisar as discrepâncias em micrômetros utilizando o *Geomagic Control*, que é um *software* que permite realizar comparações. Usando um algoritmo matemático o alinhamento de melhor ajuste onde uma imagem é sobreposta a outra e assim são medidas as variações entre elas, tendo o modelo feito pelo escâner industrial como referência. (39)

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente e comparados entre si.

O escâner Trios da 3Shape, não apresentou diferenças significativas ao método de digitalização. Porém obteve um melhor resultado no método sequencial (D) com 52,95  $\mu\text{m}$  de veracidade e 184,51  $\mu\text{m}$  de precisão. (39)

O escâner iTero apresentou diferenças significativas. Seu melhor resultado foi com o método sequencial (D) com a veracidade de 74,98  $\mu\text{m}$  e precisão de 197,16  $\mu\text{m}$ . (39)

O escâner Cerec Omnicam apresentou seu melhor resultado no método por quadrantes (B), veracidade de 89,17  $\mu\text{m}$  e precisão 243,68  $\mu\text{m}$  e teve o pior resultado no método sequencial (D). (39)

Logo exceto o escâner da iTero que apresentou diferenças estatisticamente significativas, os outros escâneres (Trios 3Shape e Cerec Omnicam) podem ser digitalizados em qualquer dos métodos apresentados, obtendo resultados igualmente satisfatórios. (39)

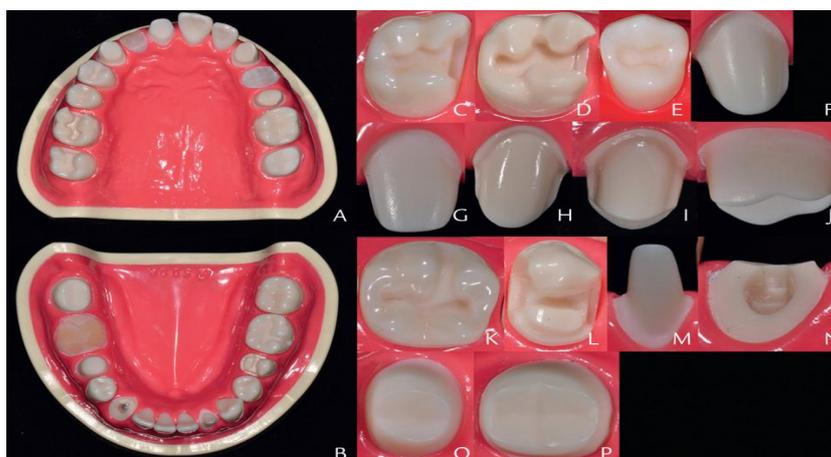
No quarto estudo que foi realizado por Michelinakis et al. (40) em 2019 foram feitos 38 moldes de pacientes adultos completamente dentados (19 molde da arcada superior, maxila e 19 moldes da arcada inferior, mandíbula), os moldes foram escaneados a partir do escâner de mesa 3Shape E scanner, como uma referência para fazer a comparação entre 2 escâneres. O E3 é um escâner utilizado em laboratórios dentários e comumente usados para a digitalização de moldes de pedra para projetar e fabricar próteses dentárias CAD-CAM, sua precisão, conforme relata o fabricante, é de 7  $\mu\text{m}$ .

A digitalização foi realizada em temperatura ambiente por 1 operador experiente com proficiência nos escâneres Medit i500 e 3Shape Trios. Os escâneres foram calibrados antes de cada sessão de digitalização, de acordo como manda cada fabricante. (40)

Não foi encontrada diferença significativa na veracidade entre os scanners Medit i500 e 3Shape Trios 3. Foi encontrada uma diferença significativa entre os escâneres no quesito da precisão. O escâner 3Shape Trios 3 foi significativamente mais preciso que o escâner Medit i500. (40)

No estudo de Kim et al. (41) em 2019, foi feito uma análise comparativa entre 9 escâneres intraoral em um escaneamento de arco completo bimaxilar com vários preparos cavitários, sendo feito uma avaliação tanto qualitativa quanto quantitativa, sendo eles a CEREC Omnicam, CS 3500, Dentist E4D (versão inicial), FastScan, iTero (1ª geração), PlanScan, Trios (2ª geração), True Definition (versão Gold-nine), Zfx IntraScan, onde na avaliação as imagens foram analisadas em um software de análise tridimensional, onde elas foram sobrepostas, e comparadas com a varredura do modelo referência e a precisão foi obtida a partir dessas comparações. A avaliação feita foi referente a comparação dos escâneres de acordo com as características do princípio de captura de dados, modo de captura de dados e necessidade de revestimento em pó.

Figura 17: Posição e tipo de dentes artificiais preparados do modelo.



Fonte: Kim et al. (41)

Os experimentos foram realizados a  $23^{\circ} \text{C} \pm$ , onde inicialmente foi utilizado um escâner de mesa de nível industrial (*stereoSCAN R8; AICON 3D Systems GmbH*) que possui uma precisão de  $8 \mu\text{m}$  sendo utilizado para adquirir as imagens de referência (STL) que foi avaliado e comparado a veracidade dos nove escâneres. O software utilizado foi o *Geomagic Verify v4.1.0.0; 3D Systems*, que sobrepôs os conjuntos digitalizados. (41)

Tabela IV: Características dos escâneres intraorais.

System	Manufacturer	Scanner Technology	Light Source	Acquisition Method	Necessity of Coating
CEREC Omnicam	Dentsply Sirona	Active triangulation with strip light projection	Light	Video sequence	None
CS 3500	Carestream Health Inc	Active triangulation (stream projection)	Light	Individual image	None
E4D Dentist (Initial version)	E4D Technologies	Swept source optical coherence tomography	Laser	Individual image	None but occasionally
FastScan	IOS Technologies, Inc	Active triangulation and Scheimpflug principle	Laser	Individual image	Yes
iTero (1st generation)	Align Technology Inc	Parallel confocal microscopy	Red laser	Individual image	None
PlanScan	Planmeca Oy	Laser triangulation	Laser	Video sequence	None
Trios (2nd generation)	3shape A/S	Confocal microscopy	Light	Video sequence	None
True Definition (Gold-nine version)	3M ESPE	Active wavefront sampling	Light	Video sequence	Yes
Zfx IntraScan	Zfx GmbH	Confocal microscopy and moiré effect detection	Laser	Video sequence	None

Fonte: Kim et al. (41)

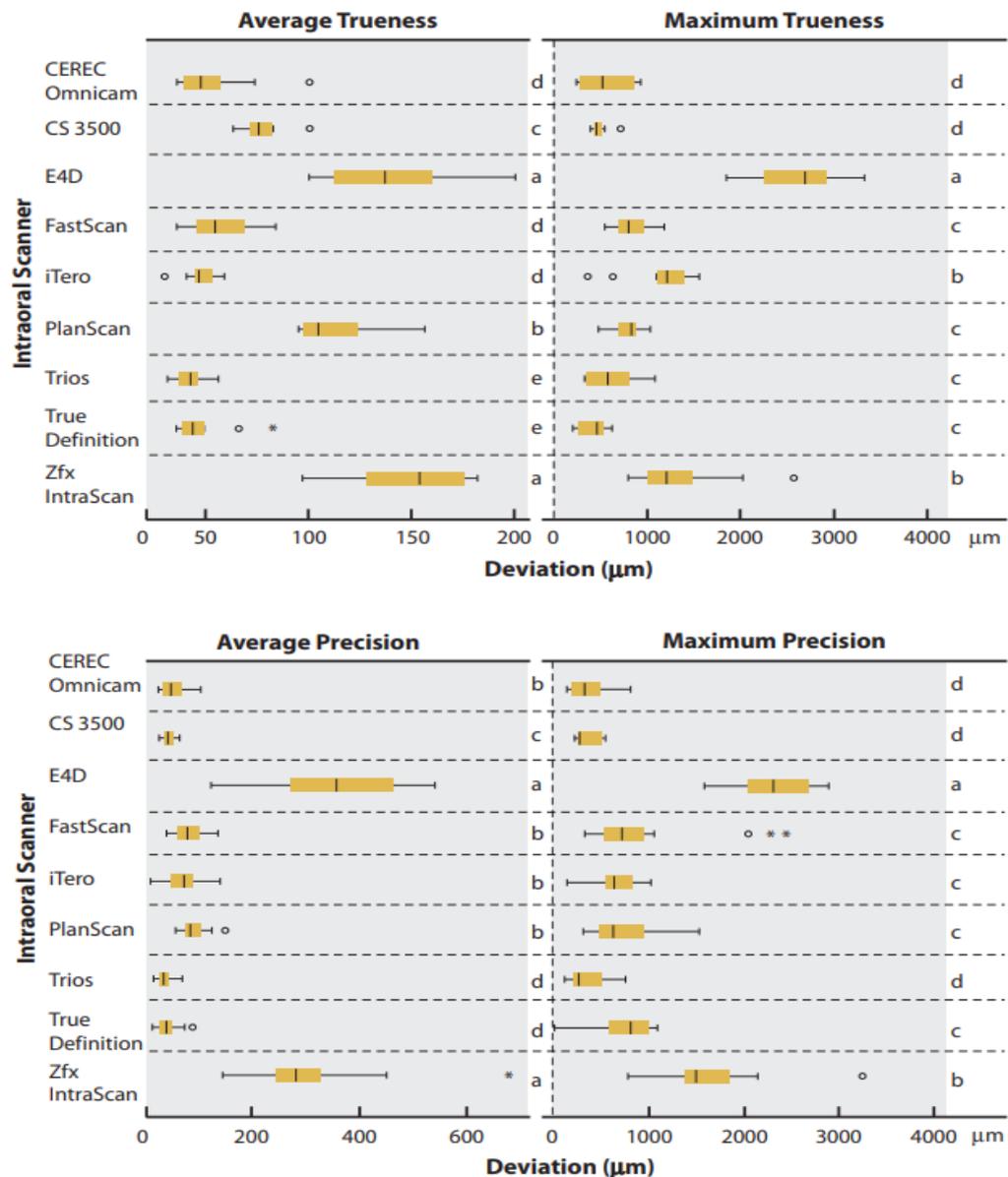
Os escâneres foram comparados em 3 categorias, sendo o primeiro o modo de captura de dados onde tem as Imagens individuais (CS 3500, E4D, FastScan e iTero) e a sequência de vídeo (Cerec Omnicam, PlanScan, Trios, True Definition e Zfx IntraScan); o segundo o princípio de captura de dados, que tem a triangulação ativa (CS 3500, FastScan, Cerec Omnicam e PlanScan), a microscopia confocal (iTero,

Trios e Zfx IntraScan), a tomografia de coerência óptica de fonte varrida (SS-OCT) (E4D) e a onda ativa amostragem (True Definition); e o terceiro a necessidade de revestimento em pó (FastScan e True Definition) e sem revestimento (CS 3500, E4D, iTero, Cerec Omnicam, PlanScan, Trios e Zfx IntraScan). (41)

Os valores médios de precisão variaram de 34.70  $\mu\text{m}$  (Trios) a 357.05  $\mu\text{m}$  (E4D), enquanto os valores médios máximo de precisão variaram de 263.55  $\mu\text{m}$  (Trios) a 2309.45  $\mu\text{m}$  (E4D). Onde os escâneres E4D e Zfx IntraScan apresentaram precisão significativamente menor. (41)

Já os valores de veracidade mais elevados foram observados com os scanners E4D e Zfx IntraScan. Os valores médios de veracidade variaram de 42.30  $\mu\text{m}$  (Trios) a 153,80  $\mu\text{m}$  (Zfx IntraScan). O menor valor máximo de veracidade foi observado no True Definition (457.35  $\mu\text{m}$ ); e o maior valor máximo foi observado no scanner E4D (2680.55  $\mu\text{m}$ ). (41)

Figura 18: Os diagramas mostram os valores médios e máximos de veracidade e precisão dos scanners intraorais investigados.



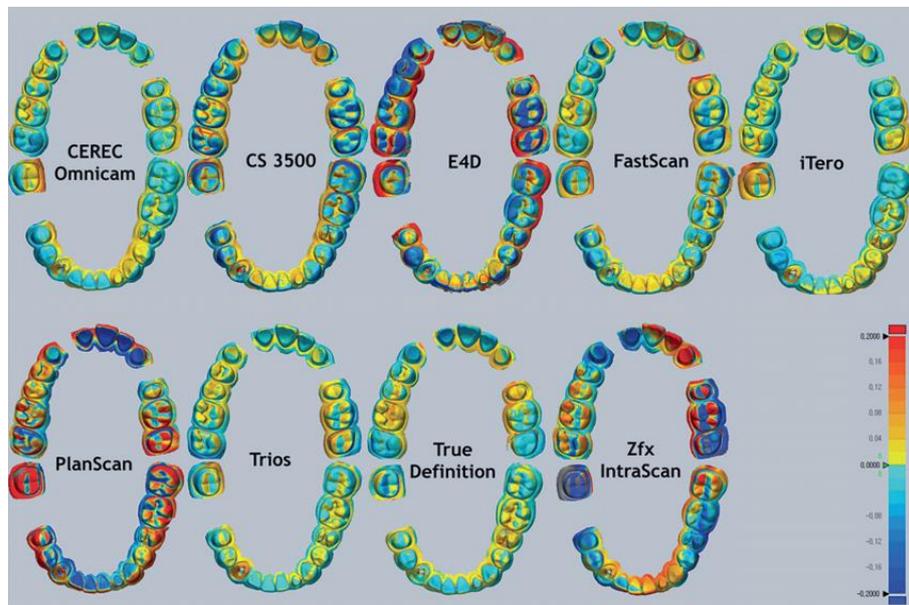
Fonte: Kim et al. (41)

A precisão dos escâneres foi avaliada de forma comparativa, utilizou-se os valores médios e máximo de precisão e veracidade, onde os escâneres E4D e Zfx IntraScan apresentou os maiores valores médios e máximos para precisão e veracidade, respectivamente, onde não apresentaram um desempenho tão preciso em comparação a outros escâneres. (41)

Distorções do arco foram observados principalmente no E4D e Zfx IntraScan, enquanto nos outros observou-se apenas pequenas flutuações. Os escâneres E4D,

PlanScan e Zfx IntraScan produziram mais ruído e não foram capazes de reproduzir bordas nítidas. (41)

Figura 19: Desvio dos moldes digitais em relação ao scanner de referência. A faixa de desvio é codificada por cores de  $-200\ \mu\text{m}$  (azul) a  $+200\ \mu\text{m}$  (vermelho).



Fonte: Kim et al. (41)

Já em relação ao princípio de captura de dados, o SSOCT não foi tão preciso quanto os outros princípios de digitalização. (41)

E enquanto a aplicação de pó, os dois escâneres que utilizaram, FastScan e True Definition, obtiveram um desempenho melhor que aqueles sem o revestimento em pó. (41)

E em ordem de veracidade temos: Trios, True Definition (pó), iTero, Cerec Ominicam, Fastscan (pó), Cs3500, Planscan, E4d e Zfx intrascan. E em ordem de precisão temos: Trios, True Definiton (pó), Cs3500, Cerec Ominicam, iTero, Fastscan (pó), Planscan, Zfx intrascan e E4d. (41)

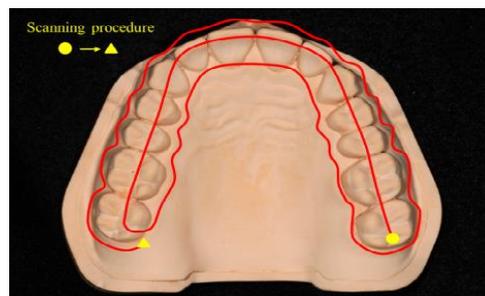
Os estudos de Kang, (35) em 2019, teve como foco a avaliação da precisão de cinco escâneres intraorais e dois escâneres de laboratório em arco completo. Onde foi realizado um modelo de referência (CRM) que foi obtido sua imagem por escâner industrial de altíssima precisão. E um modelo de teste (CTM) onde foi utilizado os cinco escâneres intraorais CS3500 (Carestream Dental, Atlanta, GA, EUA), CS3600 (Carestream Dental, Atlanta, GA, EUA), Trios 2 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca),

Trios 3 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) e i500 (MEDIT, Seul, Coreia) e os dois escâneres de laboratório (E1 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) e DOF Freedom HD (DOF, Seul, Coreia)). A precisão do modelo teste digitalizado (CTM) foi avaliada em comparação tridimensional com o modelo referência digitalizado (CRM).

Onde além de um comparativo da precisão da varredura do arco completo dos cinco escâneres intraoral e dos dois escâneres de laboratório, tem também como finalidade a avaliação da precisão em relação a dentição da região anterior e da região posterior. (35)

Seguindo as instruções dos fabricantes e o que consta na literatura a ordem de varredura foi seguido para todos os escaneamentos, assim como a temperatura de  $23 \pm 2$  °C, e a realização de 20 vezes por escâner, utilizando um operador habilitado e capacitado. (35)

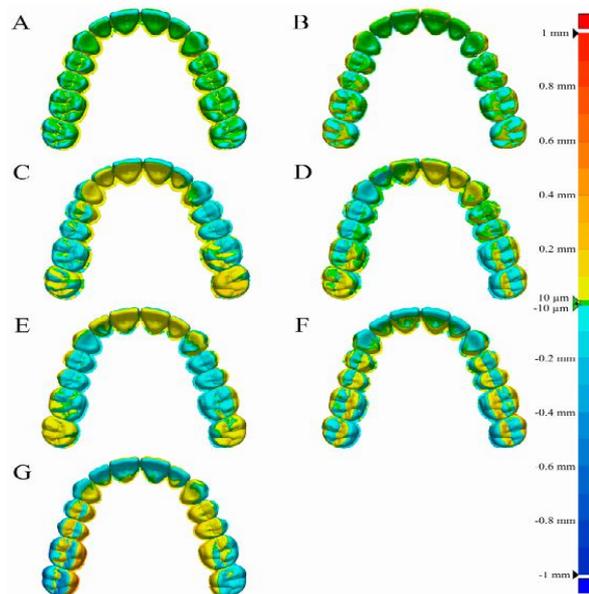
Figura 20: Estratégia de escaneamento de arco completo.



Fonte: Kang (35)

O software de inspeção 3D da Geomagic (versão 2018.0.0, *Geomagic control X*, 3D Systems, Rock Hill, SC, EUA) foi utilizado para a realização das análises. Onde a comparação foi exemplificada em um mapa com diferentes cores, onde a faixa de tolerância seria a verde  $\pm 10$   $\mu\text{m}$  indicando precisão, a vermelha (0 ~ 1  $\mu\text{m}$ ) indica os erros positivos no modelo de teste em comparação com o modelo de referência e a zona azul (0–1  $\mu\text{m}$ ) indica os erros negativos no modelo de teste em comparação com o modelo de referência. (35)

Figura 21: Comparação do mapa de diferença de cores de acordo com o scanner. (A) E1. (B), DOF. (C) CS3500. (D) CS3600. (E) Trios2. (F) Trios3. (G) i500.



Fonte: Kang (35)

Como principais resultados se observou uma diferença significativa na precisão da digitalização de todos os dentes entre escâneres, exceto os dois escâneres de laboratório. (35)

Tabela V: Comparação de valores de cada dente utilizando os 5 escâneres intraorais e o dois escâner de laboratório.

Tooth Type	3Shape E1	DOF	CS3500	CS3600	Trios2	Trios3	i500	P
#27	13.7 ± 1.2 <sup>a</sup>	37.6 ± 1.5 <sup>ab</sup>	126.8 ± 51.6 <sup>c</sup>	76.6 ± 43.6 <sup>abc</sup>	192.9 ± 134.1 <sup>d</sup>	68.8 ± 40.9 <sup>abc</sup>	80.4 ± 55.2 <sup>bc</sup>	<0.001
#26	19.5 ± 0.9 <sup>a</sup>	19.6 ± 1.1 <sup>a</sup>	61.5 ± 22 <sup>a</sup>	59.1 ± 35 <sup>a</sup>	148.5 ± 102.9 <sup>b</sup>	41 ± 27.7 <sup>a</sup>	64 ± 39.2 <sup>a</sup>	<0.001
#25	27.5 ± 2.7 <sup>a</sup>	15.4 ± 0.7 <sup>a</sup>	40.6 ± 11.6 <sup>a</sup>	40.4 ± 21.2 <sup>a</sup>	115.5 ± 71.6 <sup>b</sup>	33.5 ± 14.3 <sup>a</sup>	47.5 ± 22.9 <sup>a</sup>	<0.001
#24	22.3 ± 1.6 <sup>ab</sup>	14.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	40.6 ± 12.4 <sup>b</sup>	33.3 ± 15.7 <sup>ab</sup>	92.7 ± 54 <sup>c</sup>	26.6 ± 7.8 <sup>ab</sup>	38.7 ± 15.8 <sup>ab</sup>	<0.001
#23	21.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	15.2 ± 0.7 <sup>a</sup>	42.6 ± 10.4 <sup>b</sup>	30.2 ± 9 <sup>ab</sup>	71.6 ± 37.1 <sup>c</sup>	23.1 ± 4.2 <sup>a</sup>	29.7 ± 9.1 <sup>ab</sup>	<0.001
#22	13.9 ± 1.1 <sup>a</sup>	18.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	40 ± 16.5 <sup>bc</sup>	26.3 ± 5.4 <sup>ab</sup>	52.5 ± 18.5 <sup>c</sup>	24.2 ± 6.2 <sup>a</sup>	29.6 ± 9.5 <sup>ab</sup>	<0.001
#21	9.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	18.7 ± 0.3 <sup>ab</sup>	38.6 ± 15.3 <sup>c</sup>	27.3 ± 5 <sup>bc</sup>	44 ± 11.6 <sup>c</sup>	32.2 ± 9.3 <sup>bc</sup>	40.3 ± 12.8 <sup>c</sup>	<0.001
#11	9 ± 0.2 <sup>a</sup>	18.7 ± 0.5 <sup>ab</sup>	40 ± 14.4 <sup>c</sup>	24.6 ± 7 <sup>abc</sup>	35.5 ± 7.8 <sup>bc</sup>	32.8 ± 11.6 <sup>bc</sup>	40.4 ± 16.2 <sup>c</sup>	<0.001
#12	9.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	19.9 ± 0.4 <sup>ab</sup>	44.7 ± 16.1 <sup>c</sup>	23.9 ± 6.7 <sup>ab</sup>	30.1 ± 4.8 <sup>bc</sup>	28.3 ± 10.6 <sup>bc</sup>	46.4 ± 31.6 <sup>c</sup>	<0.001
#13	18.8 ± 1.5 <sup>a</sup>	20.5 ± 0.4 <sup>ab</sup>	43.1 ± 17.2 <sup>bc</sup>	27 ± 7.2 <sup>abc</sup>	46.3 ± 11 <sup>c</sup>	23.6 ± 6.9 <sup>abc</sup>	73 ± 46.2 <sup>d</sup>	<0.001
#14	19.5 ± 2 <sup>a</sup>	18.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	36.8 ± 15.7 <sup>ab</sup>	31.2 ± 10.1 <sup>ab</sup>	56.4 ± 15.4 <sup>b</sup>	30.6 ± 15.4 <sup>ab</sup>	108.2 ± 69.5 <sup>c</sup>	<0.001
#15	27.6 ± 1.6 <sup>ab</sup>	21.8 ± 0.5 <sup>a</sup>	43.3 ± 19.1 <sup>ab</sup>	40.3 ± 15.8 <sup>ab</sup>	64 ± 23.3 <sup>b</sup>	41.3 ± 22 <sup>ab</sup>	145.3 ± 90.9 <sup>d</sup>	<0.001
#16	21.3 ± 1.1 <sup>a</sup>	25.2 ± 0.6 <sup>a</sup>	55.5 ± 34.2 <sup>a</sup>	51.5 ± 28.2 <sup>a</sup>	65.8 ± 39.2 <sup>a</sup>	54.6 ± 37.6 <sup>a</sup>	223 ± 139.8 <sup>b</sup>	<0.001
#17	15.5 ± 2 <sup>a</sup>	40.3 ± 0.9 <sup>ab</sup>	83.2 ± 61.4 <sup>ab</sup>	69.1 ± 38 <sup>ab</sup>	115.2 ± 52.6 <sup>b</sup>	76.6 ± 53.3 <sup>ab</sup>	339.6 ± 193 <sup>c</sup>	<0.001
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

RMS: root mean square. Significant by Kruskal-Wallis test;  $P < 0.05$ . Different letters indicate the significant differences among the scanner groups by Mann-Whitney U-test and Bonferroni correction method ( $P < 0.0017$ ).

Fonte: Kang (35)

E que todos os escâneres intraorais mostraram uma melhor precisão na região anterior. (35)

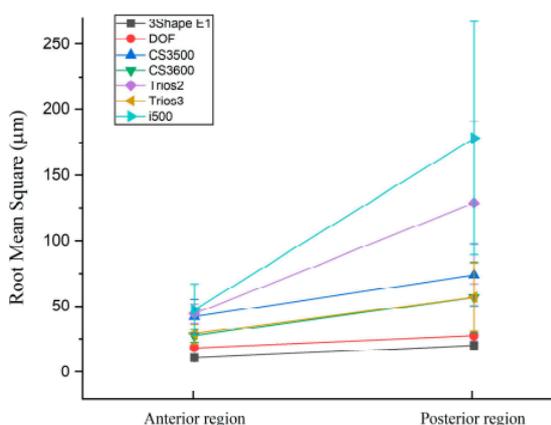
Tabela VI: Comparação de valores nas regiões anteriores e posteriores de acordo com cada escâner.

	3Shape E1	DOF	CS3500	CS3600	Trios2	Trios3	i500	P
	RMS ( $\mu\text{m}$ ), Mean $\pm$ SD							
Anterior	14.3 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	24.3 $\pm$ 0.4 <sup>ab</sup>	62.4 $\pm$ 19.8 <sup>cd</sup>	49.3 $\pm$ 21.1 <sup>bc</sup>	92.8 $\pm$ 32.7 <sup>d</sup>	44.2 $\pm$ 15.7 <sup>abc</sup>	143 $\pm$ 69.64 <sup>e</sup>	<0.001
Posterior	23.6 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	28.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	56.5 $\pm$ 25.5 <sup>a</sup>	59.9 $\pm$ 26.8 <sup>a</sup>	112.3 $\pm$ 50.9 <sup>b</sup>	47.6 $\pm$ 23 <sup>a</sup>	164.1 $\pm$ 84.7 <sup>c</sup>	<0.001
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

RMS: root mean square. Significant by Kruskal–Wallis test;  $P < 0.05$ . Different letters indicate the significant differences among the scanner groups by Mann–Whitney U-test and Bonferroni correction method ( $P < 0.0017$ ).

Fonte: Kang (35)

Figura 22: Comparação de valores nas regiões anteriores e posteriores de acordo com cada escâner.



Fonte: Kang (35)

Como resultado relatou-se que o i500 apresentou a menor precisão ( $143 \pm 69,6 \mu\text{m}$ ), enquanto o Grupo 3Shape E1 foi o mais preciso ( $14,3 \pm 0,3 \mu\text{m}$ ). E que os escâneres intraorais CS3500, CS3600, Trios3 podem ser recomendados para o escaneamento de arco completo, e o Trios 2 e i500 não podem ser recomendados. Já os escâneres de laboratório 3Shape E1 e DOF apresentam precisão menor que  $30 \mu\text{m}$ . E pode-se observar que no mapa de cores a faixa verde foi mais presente nos escâneres de laboratório e menos presente nos escâneres intraorais. (35)

## 5 RESULTADOS

Após análise dos materiais disponíveis nas bases de dados pesquisadas, chegou-se a resultados a respeito da análise comparativa entre sistemas.

O estudo realizado por Anh, Ji-Won et al. (37) teve como finalidade uma análise se o alinhamento dos dentes e a sequência de escaneamento afetam a precisão da imagem, onde foi escaneado quatro modelos com diferentes graus de apinhamento utilizando dois escâneres diferentes e as imagens obtidas foram sobrepostas utilizando o *software Geomagic Verify*. Os escâneres utilizados foram o iTero da Cadent e o Trios da 3Shape.

Chegando ao resultado que a iTero não houve diferença estatisticamente significativa de todo o arco dentário, quando se relaciona a precisão com irregularidade dentária. (37)

O escâner da Trios houve uma diferença estatisticamente significativa nos desvios de Molar direito e região anterior direita, já nas outras áreas não teve diferença significativa. (37)

Em relação a sequência de escaneamento, a iTero apresentou desvio em todas as áreas e a Trios apresentou desvio significativo em cinco áreas (molar direito; pré-molar direito; região anterior direita; região anterior esquerda e molar esquerdo). (37)

Fazendo um comparativo entres os dois escâneres, chegou à conclusão que os desvios médios do iTero foram significativamente maiores que o da Trios. Ocorreu um desvio em quatro regiões (Molar direito, pré-molar direito, região anterior direita e região anterior esquerda) e em todo o arco foi possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os dois escâneres.(37)

O estudo realizado por Renne et al. (30) avaliou três escâneres, Cerec Omnicam, Cadent iTero e 3Shape Trios 3, onde veio com o objetivo de fazer uma avaliação da precisão desses escâneres quando realizado uma impressão de um sextante e uma impressão de arco completo.

A veracidade e a precisão foram calculadas utilizando um modelo de referência, utilizando o escâner industrial *ATOS Triple Scan*, que possui veracidade 3µm e uma precisão de 2µm. Foi realizado cinco vezes a impressão do arco completo e cinco

vezes a impressão do sextante, onde essas imagens foram analisadas pelo *Geomagic Control* e foram comparadas com o modelo referência. (30)

Em relação a veracidade quando foi escaneado os sextantes foi a seguinte: Cerec Ominicam > Cadent iTero > 3Shape Trios 3. E a precisão com os mesmos indicadores a ordem foi: Cadent iTero > Cerec Ominicam > 3Shape Trios 3. (30)

A veracidade em relação aos arcos completos foi: Cadent iTero > 3Shape Trios 3 > Cerec Ominicam e a precisão seguindo os mesmos indicadores foi a seguinte: Cadent iTero > 3Shape Trios 3 > Cerec Ominicam. (30)

Esse estudo não possui uma reprodução de uma situação clínica real, dessa forma possuindo limitações em seus dados. (30) Pois nos estudos de Hack et al. (38) chegou-se a um resultado que a 3Shape Trios 3 é o melhor escâner para impressão de elemento único e o da iTero é o melhor para sextantes, ou seja, essas variações podem ser devidas as diferentes versões do *software*, e diferentes materiais que estão sendo digitalizados. (30)

Apesar do iTero ser o que apresentou melhor desempenho para arcos completos, também foi o mais lento. O sistema da 3Shape teve a melhor combinação de velocidade, exatidão e precisão para arcos completos. (30)

Nos estudos e pesquisas da Medina-Sotomayor et al. (39) foi realizado uma análise de três escâneres Trios da 3Shape, Cerec Omincam e iTero da Cadent, onde as digitalizações dos escâneres de um molde pré fabricado e preparado foi comparada a um escaneamento feito por um escâner industrial, o escaneamento foi feito seguindo quatro métodos diferentes: Exterior-Interior (A), Quadrantes (B), Sextantes (C) e sequencial (D).

Onde após comparações com *softwares* e programas específicos que a veracidade e precisão dos escâneres Trios e Omnicam não são afetados por diferentes métodos de digitalização e a veracidade e precisão do escâner iTero depende do método utilizado para digitalização, onde o método sequencial é o melhor. (39)

Nos estudos feitos por Michelinakis et al. (39) foram confeccionados 30 moldes de pacientes dentados, esses moldes foram escaneados por um escâner de mesa, o E scanner da 3Shape que serviu para se obter o molde de referência. Os resultados

que se chegou nesse estudo foi que no quesito veracidade os escâneres da Medit i500 e 3Shape Trios 3 não apresentaram diferenças significativas, já no quesito precisão o escâner da 3Shape Trios 3 foi significativo mais preciso que o escâner da Medit i500.

No estudo de Kim et al. (41) foi feito uma análise comparativa entre 9 escâneres intraoral em um escaneamento de arco completo bimaxilar com preparos (CEREC Omnicam, CS 3500, Dentista E4D, FastScan, iTero, PlanScan, Trios, True Definition, Zfx IntraScan) foram comparadas com a varredura do modelo referência e a precisão foi obtida a partir dessas comparações. A avaliação feita foi referente a comparação dos escâneres de acordo com as características do princípio de captura de dados, modo de captura de dados e necessidade de revestimento em pó.

A precisão dos escâneres foi avaliada de forma comparativa, utilizou-se os valores médios e máximo de precisão e veracidade, onde os escâneres E4D e Zfx IntraScan apresentou os maiores valores médios e máximos para precisão e veracidade, respectivamente, onde não apresentaram um desempenho tão preciso em comparação a outros escâneres. (41)

Distorções do arco foram observados principalmente no E4D e Zfx IntraScan, enquanto nos outros observou-se apenas pequenas flutuações. Os escâneres E4D, PlanScan e Zfx IntraScan produziram mais ruído e não foram capazes de reproduzir bordas nítidas. (41)

Já em relação ao princípio de captura de dados, o SSOCT não foi tão preciso quanto os outros princípios de digitalização. (41)

E enquanto a aplicação de pó, os dois escâneres que utilizaram, FastScan e True Definition, obtiveram um desempenho melhor que aqueles sem o revestimento em pó. (41)

E em ordem de veracidade temos: Trios, True Definition (pó), iTero, Cerec Omnicam, Fastscan (pó), CS3500, Planscan, E4d e Zfx IntraScan. E em ordem de precisão temos: Trios, True Definiton (pó), CS3500, Cerec Omnicam, iTero, Fastscan (pó), Planscan, Zfx IntraScan e E4d. (41)

Os estudos de Kang (35) teve como foco a avaliação da precisão de cinco escâneres intraorais (CS3500, CS3600, Trios 2, Trios 3 e i500) e dois escâneres (E1 e DOF Freedom HD) de laboratório em arco completo. Onde foi realizado um modelo de referência que foi obtido sua imagem por escâner industrial de altíssima precisão. A precisão do modelo teste digitalizado foi avaliada em comparação tridimensional com o modelo referência digitalizado.

Onde além de um comparativo da precisão da varredura do arco completo também tem como finalidade a avaliação da precisão em relação a dentição da região anterior e da região posterior. (35)

Como principais resultados se observou uma diferença significativa na precisão da digitalização de todos os dentes entre escâneres, exceto os dois escâneres de laboratório. E que todos os escâneres intraorais mostraram uma melhor precisão na região anterior. (35)

Como resultado relatou-se que o i500 apresentou a menor precisão ( $143 \pm 69,6 \mu\text{m}$ ), enquanto o Grupo 3Shape E1 foi o mais preciso ( $14,3 \pm 0,3 \mu\text{m}$ ). E que os escâneres intraorais CS3500, CS3600, Trios 3 podem ser recomendados para o escaneamento de arco completo, e o Trios 2 e i500 não podem ser recomendados. Já os escâneres de laboratório 3Shape E1 e DOF apresentam precisão menor que  $30 \mu\text{m}$ . (35)

## 6 CONCLUSÃO

Em todas as vertentes estudadas e analisadas nesta revisão de literatura, conclui-se que a evolução em relação aos escâneres intraorais e aos de laboratório apresentam significativas mudanças em um consultório odontológico.

Apesar de existir uma gama de estudos comparativos, eles não abrangem todos os aspectos que um sistema possui, sendo necessário que mais de um seja analisado para chegar a dados satisfatórios.

O Trios da 3Shape apresentou melhores resultados em relação a sequência de escaneamento em dois dos artigos abordados (37,39). Em outro artigo que fazia análise de escâneres de laboratório e intraorais em relação a arco completo o melhor escâner intraoral foi o Trios 3 (o de laboratório sendo o 3Shape E1) (40). Em relação a um comparativo entre os escâneres intraorais a um escâner de laboratório, o Trios 3 apresentou melhores resultados tanto em veracidade quanto precisão (35) e em relação a dentes com preparos cavitários, tanto em veracidade quanto em precisão, o Trios da 3shape apresentou os melhores resultados. (41)

O escâner da iTero apresentou melhores resultados quanto, a irregularidade dentária, na precisão em escaneamento de sextante, e na veracidade e precisão de arco completo. (30)

O Escâner da Cerec Omnicam teve seu melhor resultado no tocante a veracidade em sextante. (30)

## 7 REFERÊNCIAS

1. Moura, R. B. B.; Santos, T. C. **Sistemas cerâmicos metal free: tecnologia CAD/CAM.** Revista Interdisciplinar, v. 8, n. 1, p. 220-226, janeiro-fevereiro-março, 2015.
2. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. **A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience.** Dent Mater J; 28(1): 44-56 2009
3. Correia, A. R. M. et al. **CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa.** Revista de Odontologia da UNESP. Araraquara. v. 35, n. 02, p. 183-189, 2006.
4. Silva, L.R.R; Rocha, N.D. **Sistemas de moldagem digital em Odontologia.** RESCO, 2014.
5. Kayatt Fe, Neves Fdn. **Aplicação dos sistemas CAD/CAM na Odontologia restauradora.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
6. Conceição, E. N.; Sphor, A. M. **Fundamentos dos sistemas cerâmicos.** Porto Alegre, ARTMED, 2005.
7. Alves, V. Et Al. **Vantagens x desvantagens do sistema CAD/CAM.** Brazilian Journal of Surgery and clinical Research, v. 18, n. 1, p. 106-109, março-maio, 2017.
8. Mörmann, W. H. **The evolution of the CEREC system,** Journal of the American Dental Association, 137 (9), pp.7-13, 2006.
9. Hilgert, Leandro & Schweiger, Josef & Beuer, Florian & Andrada, Mac & Araújo, Elito & Edelhoff, Daniel. **Odontologia restauradora com sistemas CAD/CAM - o estado atual da arte. Parte 1 - Princípios de utilização.** Clínica - International Journal of Brazilian Dentistry. 5. 294-303. 2009.
10. Silva, M.M. Et Al. **Impressions techniques for dental implants.** Revista de Odontologia da UNESP, Marília, v. 37, n. 4, p. 301-308, 2008.

11. Mezzomo E. **Reabilitação Oral Contemporânea**. Editora Santos, 2006.
12. Atia, Moawia & El-Gheriani, Abdelhakim & Ferguson, Donald. **Validity of 3 Shape Scanner Techniques: A Comparison with the Actual Plaster Study casts**. Biometrics & Biostatistics International Journal. 2. 1-6. 10.15406/bbij.2015.02.00026. 2015
13. Ferracini, V. L. Et Al. **Essential oils of seven Brazilian Baccharis species**. Journal of Essential Oil Research, Lisbon, v. 20, p. 355-367, 1995.
14. Trost, L., Stines, S., Burt, L. **Making informed decisions about incorporating a CAD/CAM system into dental practice**, Journal of the American Dental Association, 137 (9), pp. 32-36, 2006.
15. Polido, W.D. **moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: o futuro da odontologia**. Dental Press Journal of Orthodontics, v. 15, n. 5, p. 18-22, 2010.
16. Ramsey C., Ritter, G. **Utilization of Digital Technologies for Fabrication of Definitive Implant-Supported Restorations**. Journal Esthetics and Restorative Dentistry 24 (5), pp. 299-308, 2012.
17. Bernardes, S.R. Et Al. **Tecnologia CAD/CAM aplicada à prótese dentaria e sobre implantes: O que é, como funciona, vantagens e limitações**. Jornal ILAPEO, Curitiba, p. 8-13, 2012.
18. Mehl A, Ender A, Mormann W, Attin T. **Accuracy testing of a new intraoral 3D camera**. Int J Comput Dent; 12:11-28. 2009
19. Liu, Perng-Ru. **A panorama of dental CAD/CAM restorative systems**, Compendium, 26(7), pp. 507-512, 2005.
20. Cerec. **Dentsply Sirona**, 2020. [ Acesso em 14 de janeiro de 2020] . Disponível em <https://www.dentsplysirona.com/pt-br>.
21. A.C. Shearer, H.O. Heymann, N.H.F. Wilson. **Two ceramic materials compared for the production of CEREC inlays**. Journal of Dentistry, Volume 21, Issue 5, 1993, Pages 302-304.

22. Parsell, Douglas & Anderson, Brandon & Livingston, Harold & Rudd, Jeremy & Tankersley, Jerry. **Effect of Camera Angulation on Adaptation of CAD/CAM Restorations.** Journal of esthetic dentistry. 12. 78-84. 10.1111/j.1708-8240.2000.tb00204. x, 2000.

23. Oliveira, C. J. Abram. **Planejamento Reverso Digital: Conceito Que O Profissional Deve Conhecer.** Universidade do Grande Rio Professor José de Souza Herdy. Duque de Caxias, 2018.

24. Buso, L. Et Al. **Odontologia restauradora computadorizada: Cerec 3D.** In: Miyashita, E. E Fonseca, A. S. Odontologia estética: o estado da arte. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

25. Suárez, M. J.; Lozano, J. F. L.; Salido, M. P.; Martínez, F. **Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia Posterior FPDs,** International Journal of Prosthodontics, 17(1), pp. 35-38, 2004.

26. Van Der Meer Wj, Andriessen Fs, Wismeijer D, Ren Y. **Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology.** PLoS One. 2012;7(8):e43312. doi: 10.1371/journal.pone.0043312. Epub 2012 Aug 22. PMID: 22937030; PMCID: PMC3425565. 2012

27. Bosio, Jose & Del Santo, Marinho & Jacob, Helder. **ODONTOLOGIA DIGITAL CONTEMPORÂNEA - SCANNERS INTRAORAIS DIGITAIS.** Orthodontic Science and Practice. 10. 355-362. 10.24077/2017;1039-355362. 2017

28. Peer-Review, A And Perry Jones. **“The iTero optical scanner for use with Invisalign: A descriptive review.”** 2015.

29. Intraoral. **3Shape**, 2020. [ Acesso em 14 de janeiro de 2020] . Disponível em <https://www.3shape.com>.

30. Renne W., Ludlow M., Fryml J., Et Al. **Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: an in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons.** The Journal of Prosthetic Dentistry.;118(1):36–42. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.09.024. 2017.

31. . Dental Clinics. **Medit**, 2020. [ Acesso em 14 de janeiro de 2020] . Disponível em <https://www.medit.com>.

32. Normung Ddif. **Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions** (ISO 5725-1:1994) Berlin: Beuth Verlag GmbH; 1997.
33. Ender A, Mehl A. **Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision.** J Prosthet Dent.;109:121–128. 2013
34. Flugge Tv, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger Mc. **Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner.** Am J Orthod Dentofacial Orthop.;144:471–478. 2013
35. Kang, Byung-Hyun & Son, Keunbada & Lee, Kyu-Bok. (2019). **Accuracy of Five Intraoral Scanners and Two Laboratory Scanners for a Complete Arch: A Comparative In Vitro Study.** Applied Sciences. 10. 74. 10.3390/app10010074.
36. Pyo, S.-W.; Kim, D.-J.; Han, J.-S.; Yeo, I.-S.L. **Ceramic Materials and Technologies Applied to Digital Works in Implant-Supported Restorative Dentistry.** *Materials* 2020, 13, 1964.
37. Anh Jw, Park Jm, Chun Ys, Kim M, Kim M. **A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction.** Korean J Orthod. 2016 Jan;46(1):3-12. doi: 10.4041/kjod.2016.46.1.3. Epub 2016 Jan 25. PMID: 26877977; PMCID: PMC4751299. 2016
38. Hack GD, Sebastian B, Patzelt M. **Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: An in-vitro investigation.** ADA Professional Product Review 2015;10:1-5.
39. Medina-Sotomayor P, Pascua-Moscardó A, Camps I. **Accuracy of four digital scanners according to scanning strategy in complete-arch impressions.** PLoS One. 2018 Sep 13;13(9):e0202916. doi: 10.1371/journal.pone.0202916. Erratum in: PLoS One. Dec 20;13(12):e0209883. PMID: 30212498; PMCID: PMC6136706. 2018
40. Michelinakis, George & Apostolakis, Dimitrios & Tsagarakis, Andreas & Kourakis, George & Pavlakis, Emmanuil I. **A comparison of accuracy of 3 intraoral**

**scanners: A single-blinded in vitro study.** The Journal of Prosthetic Dentistry. 10.1016/j.prosdent.2019.10.023. 2019

41. Kim Rj, Park Jm, Shim Js. **Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation.** J Prosthet Dent. 2018 Dec;120(6):895-903.e1. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.01.035. Epub 2018 Jul 10. PMID: 30006228.

42. Baratieri, L. N. **Odontologia restauradora - fundamentos e possibilidades.** São Paulo, Quintessence, 2001.

43. Baratieri, L. N.; Ritter, A. V.; Andrada, M. A. C. **Estética: Normas Básicas. In: Como melhorar o desempenho das restaurações estéticas diretas?** São Paulo, Quintessence, pp. 36-53, 1994.

44. Conceição, E. N. **Dentística Saúde e Estética.** Porto Alegre, ARTMED, 2007.

45. Conrad, H. J.; Seong, W. J.; Pesun, I. J. **Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review.** The Journal of Prosthetic Dentistry, 98(5), pp. 389-404, 2007.