



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

SCANNERS INTRAORAIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE OS DIFERENTES SISTEMAS

Trabalho submetido por
Juliette Chadoint
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**SCANNERS INTRAORAIS : UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE OS
DIFERENTES SISTEMAS**

Trabalho submetido por
Juliette Chadoint
para a obtenção do grau de **Mestre em Medicina Dentária**

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Paulo Maurício

Setembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Paulo Durão Maurício, pela disponibilidade, sua simpatia, apoio e paciência e pela pertinência das suas críticas e sugestões, sempre com vista a incrementar a qualidade deste trabalho. Assim como por me ter dado um gosto pela medicina dentaria através do seu valioso ensinamento. Ao Instituto Universitário Egas Moniz e seus docentes e funcionários, por me acolherem e me permitirem assimilar os valores éticos que espero vir a seguir na minha futura vida profissional.

« En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir guidé et donné la force pour toutes ces années, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés. Sans qui, tout cela ne serait possible. »

« A ma mère, qui m'a toujours soutenu quel que soit ces doutes et ces incompréhensions sur mes choix. Je n'ai jamais fait les choses comme les autres et pourtant tu as toujours été là. A mes sœurs avec qui j'ai partagé de nombreuses épreuves et qui m'ont toujours soutenu.»

« A mon oncle, Claude et ma tante, Gisèle que j'ai toujours considérée comme des deuxièmes parents. Ô combien, malgré la distance, je ne me suis jamais senti aussi proche de vous ces dernières années. »

« A mes amis en France. Elsa, mon amie depuis nos 4ans. Audric, cet ami qui a su me soutenir et me faire rire. Gladys, souvent bien différente et pourtant toujours de la bienveillance entre nous. Bachongy, une amitié des plus authentique, sans jugement, que de l'amour. »

« A mes amis rencontrés en Roumanie. Maess, cette femme incroyable au grand cœur, que Dieu te préserve et te donne ce dont tu mérites. Nassima, que dire... Une personnalité incroyable, une connexion au divin comme je n'ai rarement vu. J'espère que Dieu me permettra de t'avoir auprès de moi, ici et dans l'au-delà. »

« A Kanny, jamais rencontré et pourtant tu m'as tant apporté ces dernières années. Il n'y a pas de hasard. Merci à toi pour tout ton travail. »

« A la team FR d'Egas Moniz pour tous ces moments de rire, que ce soit en clinique, à la cafet ou la bibliothèque. Au box 24/23, Lola et Estelle, pour ces deux années de clinique avec de nombreux souvenirs et à Micheline pour son grain de folie et ces longues conversations. »

RESUMO

Atualmente, a impressão digital está em expansão e apresenta-se como uma alternativa séria às técnicas tradicionais de impressão.

As técnicas tradicionais apresentam algumas complicações como por exemplo: manuseamento, risco de arrasto, bolhas, dificuldade na correção, inibição superficial.

A impressão digital é a gravação de volumes orais utilizando um sistema ótico (câmara 3D) para obter uma impressão. É um meio de impressão fiável, rápido e confortável que facilita a comunicação com os laboratórios protéticos.

Desde a sua invenção nos anos 80, as câmaras intra-orais sofreram numerosas evoluções e estão agora a encontrar o seu lugar nos consultórios dentários.

Ao escolher qual o scanner intra-oral mais adequado para o uso do medico dentista, a escolha será feita de acordo com estas expectativas, com os seguintes critérios: modo de captação, registo de sombras, ergonomia, custo, desempenho em termos de precisão.

Este projeto tem como objetivo principal de explicar os princípios e métodos de um scanner intra-oral, apresentar os principais sistemas atuais e comparar estes diferentes sistemas.

Palavras-Chave: scanner intra-oral, impressões dentárias, scanner ótica, digital.

ABSTRACT

Currently, digital printing is expanding and presents itself as a serious alternative to traditional printing techniques.

Traditional techniques present some complications such as: handling, risk of drag, blisters, difficulty in correction, surface inhibition.

Digital impression is the engraving of oral volumes using an optical system (3D camera) to obtain an impression. It is a reliable, fast and comfortable impression medium that facilitates communication with prosthetic laboratories.

Since their invention in the 1980s, intraoral cameras have undergone numerous evolutions and are now finding their place in dental practices.

When choosing which intraoral scanner is best suited for the use of the dentist, the choice will be made according to these expectations, with the following criteria: capture mode, shadow register, ergonomics, cost, performance in terms of precision.

This project has as main objective to explain the principles and methods of an intraoral scanner, to present the main current systems and to compare these different systems.

Keywords: intraoral scanner, dental impressions, optical scanner, digital.

INDICE GERAL

<i>I. Introdução</i>	13
<i>II. Desenvolvimento</i>	15
1. Origens dos scanners intra-orais e o CAD/CAM dentário	15
1.1 Período pioneiro: 1970 a 1983	15
1.1.1 Publicação de Altschuler	15
1.1.2 Nascimento do CAD/CAM dentário	15
1.1.3 A tese de François Duret	15
1.2 Período de demonstração: 1983 a 1990	17
1.3 Período pré-industrial: 1990 a 2000	18
1.3.1 A multiplicação dos sistemas	18
1.3.2 Os primeiros centros de usinagem deslocalizados	19
1.3.3 A dominação de grandes grupos.....	19
1.4 Os anos 2000 até ao presente	20
2. Os scanners intra-orais	27
2.1 Geral	27
2.2 Princípios tecnológicos	27
2.2.1 Fontes de luz.....	27
2.2.2 Medição ótica	29
2.3 Técnicas de aquisição	30
2.3.1 Método de triangulação	30
2.3.2 Imagens confocais paralelas	33
2.4 Modo de gravação	34
2.5 Apresentação dos scanners intraorais atuais	36
2.6 Formato de ficheiro, software de scanner, software de conceção e subscrição	43
2.7 Pontos positivos e negativos dos scanners intraorais	51
2.8 Vantagens	57
2.9 Desvantagens	60
<i>III. Conclusão</i>	63
<i>IV. Referências bibliográficas</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama da cadeia completa CAD/CAM por François Duret na sua tese "empreinte optique" em 1974 (retirado de (10).....	16
Figura 2: a.Sistema CEREC AC omnica, b.Sistema CEREC AF Omnicam, c.Sistema CEREC AI Omnicam. (retirado de: https://www.dentalinov.com/produit/camera-bluecam/)	22
Figura 3: Cronologia dos principais eventos nos scanners intraorais.....	26
Figura 4: Luz branca: as ondas emitidas vão em todas as direções, não são ordenadas e têm comprimentos de onda diferentes (esquema de Corinne Boudon). Imagem retirada de (28).....	28
Figura 5: Luz laser: uma fonte de energia excita as partículas no meio laser, estas emitem então luz que o oscilador vai ordenar de forma unidirecional, todas as ondas da radiação estão em fase (alinhamento dos picos) e têm o mesmo comprimento de onda (esquema de Corinne Boudon).Imagem retirada de (28)	29
Figura 6: Medição ótica: a radiação emitida é refletida pelas estruturas registadas (esquema de Corinne Boudon). Imagem retirada de (28)	30
Figura 7: Esquema representativo do método de medição por projeção de uma máscara em triangulação estruturada de luz. Imagem retirada de (31)	32
Figura 8: Esquema da técnica paralela confocal. Imagem retirada de (36).....	34
Figura 9: fotografia do scanner Virtuo Vivo™ de Dental Wings™. (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ids-2019/review-of-the-intra-oral-scanners-at-ids-2019/).....	39
Figura 10: fotografia do scanner CS3700 de Envista® (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/carestream-dental-cs3700-review/)	39
Figura 11: fotografia do scanner CS3800 de Envista®. (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/news/new-carestream-intraoral-scanner-announced-cs-3800/)	40
Figura 12: fotografia do scanner 3DS de Runyes™. (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/runyes-3ds-intraoral-scanner-review/)	40
Figura 13: fotografia do scanner Aoralscan® 3 de Shinning 3D® (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/aoralscan-3-scanner-review-the-latest-ios-by-shining-3d/)	41
Figura 14: fotografia do scanner Helios 600 de Eighteeth® (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/helios-600-intraoral-scanner-review/)	41
Figura 15: fotografia dos scanners, de direita a esquerda: CEREC Primescan, 3Shape TRIOS® 3, Medit i500, Envista® CS 3700 e Planmeca® Emerald®. (retirada de: https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/carestream-dental-cs3700-review/)	42
Figura 16: fotografia dos scanners, de esquerda à direita : Element 5D™ de iTero™, Trios® 4 de 3Shape, Trios® 3 de 3Shape, i600 de Medit, DL206 de Launca, Emerald	

® de Planmeca®, Heron de 3Disc ®, i700 de Medit, CEREC Primescan de Dentsply-Sirona ®, Dental Link de Fussen ®, AS100 de Alliedstar®, CEREC Omnicam de Dentsply-Sirona® e WOW ® de BiotechDental®. (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/intraoral-scanner-reviews-from-ids-2021-ios-market-update/>) 43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: As diferentes características principais dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67).....	37
Tabela 2: As diferentes características de "software" dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67).....	45
Tabela 3: Os pontos positivos e negativos dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67).....	51

GLOSSÁRIO

Big Data: grandes dados

CAD/CAM: Computer-aided design / Computer-aided manufacturing

Cartões SD: Secure Digital (cartão de memória)

Chairside: Refere-se à prática baseada na cadeira ou no consultório

Cloud: armazenamento em rede informática

GC: (General Chemistry)

IA: inteligência artificial

IOS: intra-oral scanner

OBJ: formato de ficheiro em 3D (linhas poligonais e ponto)

Offshore: fabrico extraterritorial, noutra país

PLY: (formato de) Polygon file format ou Stanford Triangle Format

Software: programa informático

STL: (formato de) Stereo-Litografia ou standard tessellation language

USB: Universal Serial Bus (conectar um dispositivo a um computador)

I. Introdução

O CAD/CAM dentário é uma disciplina cada vez mais presente na nossa prática: os laboratórios de prótese já utilizam esta tecnologia e cada vez mais os consultórios dentários estão equipados com scanners intra-orais ou um sistema CAD/CAM completo.(1,4)

A tecnologia digital está no "ar dos tempos". A sociedade está a tornar-se cada vez mais 'digital', e é apenas lógico que estas novas tecnologias entrem na nossa prática.(2)

O primeiro elo destas cadeias é a numerização das informações orais. Esta numerização pode ser feita diretamente na boca com um scanner intraoral.(3)

A impressão é um passo fundamental no trabalho protético e é o primeiro elo da cadeia técnica para a produção da prótese dentária. Permite a transmissão de informação intraoral ao técnico de laboratório. A impressão, que até agora exigia um meio físico, foi desmaterializada e é agora digitalizada. (1,4)

O scanner intraoral não é utilizado apenas para na de prótese dentaria, é também muito utilizado em ortodontia. A ortodontia não escapou à atual revolução digital, e representa uma das especialidades que apresenta grandes mudanças.(2)

Uma impressão dentária é uma "moldagem dos dentes e dos seus tecidos moles", de acordo com a Larousse medical.(4,5)

Atualmente, com o aparecimento de novas tecnologias, já não se pode limitar a esta noção de "moldagem", que descreve apenas as impressões convencionais.(4)

A impressão digital não pode ser descrita como moldagem, é uma perturbação de um campo eletromagnético (luz) gerado pelos volumes orais que devem ser interpretados de modo a obter uma representação tridimensional.(3)

No entanto, é necessário especificar que, ao contrário da imagem radiológica 3D que reconstrói volumes na sua totalidade, uma impressão apenas procura registar a superfície desse volume em 3D.(3,4)

Esta tese tem por objetivo de fornecer uma atualização sobre os atuais scanners intraorais. Em primeiro lugar, decidimos de voltar à base desta descoberta fundamental, explorando a história do CAD/CAM dentário e mais precisamente dos scanners intraorais. Depois, numa segunda fase, apresentaremos os atuais scanners intraorais, o seu funcionamento, as suas vantagens e as suas desvantagens.(1,4,6,7)

II. Desenvolvimento

1. Origens dos scanners intra-orais e o CAD/CAM dentário

Ao revermos a história do CAD/CAM Dentário e, em particular, dos scanners intra-orais (=scanners óticos) temos de encontrar informação sobre eventos numa determinada área. Aqui utilizámos várias fontes de diferentes autores a fim de termos diferentes pontos de vista históricos para nos mantermos tão subjetivos possível. "Esperamos do historiador uma certa qualidade de subjetividade" Paul Ricoeur, 1955.(1,3)

1.1 Período pioneiro: 1970 a 1983

1.1.1 Publicação de Altschuler

Em 1973, Bruce Altschuler publicou o seu artigo "Variable pitch fringe projection method", descrevendo brevemente o conceito de interferometria (um princípio utilizado no CAD/CAM dentário) (3,8,9)

1.1.2 Nascimento do CAD/CAM dentário

Em 1970, François Duret, ainda aluno de um curso de graduação dupla: odontologia na Universidade de Lyon e na Faculdade de Ciências (certificado de estudo avançado em bioquímica estrutural e metabólica e certificado de estudo avançado em fisiologia animal), imaginou o conceito de CAD/CAM (scanner intra-oral, desenho e fabrico) dentário para a produção de próteses dentárias, ele imaginou aplicar sonar marinho na boca para tirar impressões. (1,7)

1.1.3 A tese de François Duret

François Duret trabalhou durante dois anos e meio para escrever a sua tese de "*l'empreinte optique*" (300 páginas), descrevendo o princípio d'um scanner intra-oral e do CAD/CAM dentário na sua totalidade. Foi defendida publicamente a 27 de Fevereiro de 1974. (10)

Na sua tese, é descrita uma técnica revolucionária que consiste em tirar uma impressão com a ajuda de um laser e envia os dados para um computador. O próprio computador

está ligado a uma máquina controlada numericamente que concebe a parte protética. A parte de concepção e fabrico, é uma "reformulação" do que já existe mais ou menos na indústria, a verdadeira inovação é o scanner intraoral. A ilustração abaixo resume a cadeia CAD/CAM que François Duret imaginou na sua tese.(10)

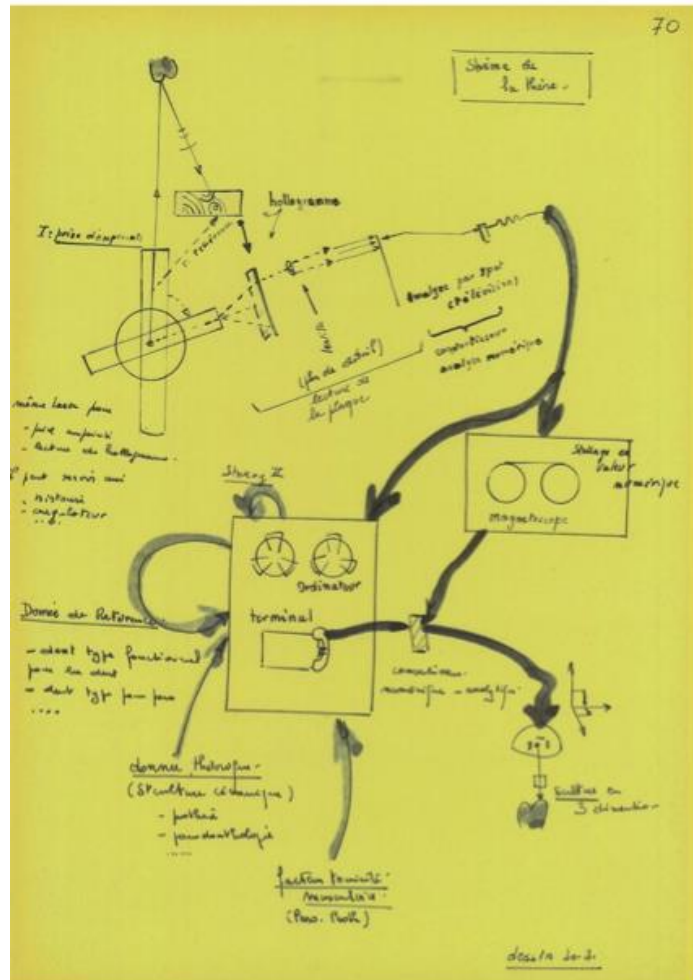


Figura 1: Diagrama da cadeia completa CAD/CAM por François Duret na sua tese "empreinte optique" em 1974 (retirado de (10))

Nos anos 80, enquanto François Duret continuou a sua investigação, outras pessoas começaram a trabalhar em CAD/CAM:

- Werner Mörmann (na Suíça) que iniciou este trabalho sobre CAD/CAM com o sistema Cerec. (11)
- Matts Andersson (na Suécia), o criador do sistema ProCera.(12)

- Dianne Rekow, em colaboração com colegas da Universidade do Minnesota, iniciou o seu trabalho num sistema CAD/CAM ligeiramente diferente, para a parte de aquisição: utilizando fotografias e um scanner de alta resolução. Infelizmente, tendo falhado em encontrar um investidor para o seu projeto, o seu trabalho permaneceu na fase de investigação. (13)

As seguintes citações de Dianne Rekow mostram a situação na América em CAD/CAM Dental nessa altura:

- « It is also frustrating to remember how many potential investors told us CAD/CAM systems were unnecessary and would never be viable in the marketplace » (*É também frustrante recordar quantos potenciais investidores nos disseram que os sistemas CAD/CAM eram desnecessários e que nunca seriam viáveis no mercado*) (13).
- « *Many of the systems now available have realized our performance goals, meeting the objectives we had in design specifications articulated over 20 years ago. So, while it is satisfying to see that our vision was possible, it is disappointing that development on our envisioned system halted and that it is not among those now commercially available* » (*Muitos dos sistemas [CAD/CAM] hoje disponíveis cumprem os objetivos que especificámos na nossa investigação há mais de 20 anos. Assim, embora seja satisfatório que a nossa visão tenha sido possível mas decepcionante que o desenvolvimento do nosso sistema previsto tenha parado e que não esteja entre os que agora estão comercialmente disponíveis*). (13).

1.2 Período de demonstração: 1983 a 1990

Em 1983, François Duret, Jacques Dumas e Joseph Touvenot apresentaram o seu trabalho durante as convenções de Garancière (com as empresas Matra Datavision e Thomson). (3,7). A produção é feita com a ajuda do software Euclid da empresa Matra Datavision. (14)

Procera (Matts Andersson) nasceu em 1983 (agora chamada 3Shape). Foi o primeiro a produzir facetas em composta através de CAD/CAM Dental. (12)

Em 1985, o Dr. François e Bernard Duret, o industrial Jean-Pierre Hennequin, o engenheiro Jean-Louis Blouin e a colaboração da empresa Hennson, durante o congresso

da ADF (*Association Dentaire Francaise*), fizeram a primeira coroa posterior em menos de uma hora. (3,7)

Em 1985, o Dr. Mormann, em associação com o Dr. Marco Brandestini (engenheiro eléctrico) finalizou o primeiro sistema comercial CAD/CAM Dentário: o CEREC1 (Computer-assisted CERamic REConstructions), pela Siemens. O primeiro sistema que pode fazer tudo na cadeira, "chairside". Destinada à fabricação dos inlays. (11)

Como funciona o CEREC1: a impressão ótica é feita por projeção de linhas paralelas na preparação (princípio da triangulação). A posição da câmara durante o registo tinha de estar no eixo de inserção da futura incrustação. Para a conceção, Mormann e Brandestini trabalharam com um jovem engenheiro informático Alain Ferru. Ele criou um software de desenho bidimensional. O software não criou a anatomia oclusal, o dentista teve de criar a anatomia oclusal. (11,15)

Em 1988, a Cerec1 expandiu o seu campo de ação: podia agora produzir inlays, onlays e facetas (11)

1.3 Período pré-industrial: 1990 a 2000

1.3.1 A multiplicação dos sistemas

Na Europa, desde o início dos anos 90, assistimos ao desenvolvimento de vários sistemas CAD/CAM, temos Ceramatic, Cicero, Circom, DCS (Dental Concept Systems), Digident, Ritter... Nessa altura e até 2004, todos os sistemas estavam fechados, não podíamos combinar um sistema de design de uma marca com um sistema de fabrico de outra. (7)

Todos os sistemas referidos acima funcionaram, em geral, da mesma forma. Primeiro tivemos a digitalização do modelo, depois a fase de desenho. E finalmente, a fase de fabrico por máquina integrada, deslocalizada ou independente. (7).

Em 1991, a empresa Hennson (uma equipa da qual François Duret é membro, bem como Jean-Pierre Hennequin e Jean-Louis Blouin), estava a desenvolver as suas máquinas CAD/CAM e estava prestes a passar à fase de industrialização. A empresa ficou sobrecarregada com os custos da investigação, e os créditos foram cortados para a equipa.

O grupo médico Sopha comprou o negócio, mas infelizmente não foi capaz de finalizar o projeto. Este foi o fim da presença francesa na comercialização de sistemas CAD/CAM dentário.(16)

O Professor Duret, já professor nos Estados Unidos, continua a sua carreira internacional juntando-se à equipa do GC (General Chemistry) no Japão. A colaboração entre a GC, a Nikon (empresa japonesa de câmaras e óticas), a Hitachi (empresa japonesa de materiais de telecomunicações, equipamento médico e componentes industriais) e a ajuda financeira do Estado permite o desenvolvimento do sistema GN1. Que só será comercializado na Ásia. (7,16)

A Universidade de Minnesota e os Estados Unidos em geral não comercializaram nenhum sistema CAD/CAM. No seguimento da década de 1980, Dianne Rekow tem trabalhado arduamente para comercializar um sistema CAD/CAM americano. Apesar de todos os seus esforços, nunca foi bem-sucedida. (7)

1.3.2 Os primeiros centros de usinagem deslocalizados

Os primeiros centros de fabrico offshore surgiram em 1991. Este é o caso do sistema Procera, deslocalizando a conceção e a fabrico. A conceção no laboratório e a fabricação num grande centro de maquinaria na Suécia. (1,17)

Deve-se notar que o início do CAD/CAM em implantologia é a associação do sistema Procera com os implantes Branemark. De facto, o sistema Procera permite a utilização de titânio (um material muito difícil de maquinar). (7,17)

1.3.3 A dominação de grandes grupos

De 1992 a 2000 os grandes grupos tornaram-se mais fortes enquanto os sistemas "pequenos", nomeadamente Ceramatic, Cicero e Ritter, desapareceram. (7)

Por um lado, há os grandes grupos que estão a lançar os seus próprios sistemas CAD/CAM com sistemas "todos os laboratórios", tais como o Cercon de Dentsply e o Everest de Kavo, ou sistemas mistos (laboratório/centro de produção), tais como o Pro 50 de Cynovad, que é adicionado ao Procera já existente.(1,7)

E por outro lado, os grandes sistemas existentes como o Cerec, que estão a ser reforçados, em 1994, o grupo Siemens comercializa o Cerec2, sistema mais preciso para a produção de coroas. O sistema Procera esta também cada vez mais presentes no mercado. (7)

Nessa época, os materiais utilizados no fabrico eram titânio ou resina composta. Estes não eram muito estéticos. A mais estética era a cerâmica feldspática que está em forma de pó/líquido e, portanto, não usinável. (1,7). Em 1996, a Zircónia foi utilizada para usinar as coifas estéticas. (3,7)

Em 1997, o Grupo Siemens (Suíça) vendeu o seu departamento de sistemas dentários ao Grupo Sirona (Alemanha). Nessa altura, o sistema CEREC foi desenvolvido pela Sirona. (1)

No final dos anos 90, existem três categorias de sistemas CAD/CAM:

- O combinado do laboratório/centro de produção: Procera (da Nobel Biocare) e Pro 50 (da Cynovad)
- O laboratório completo: DCS, Cercon e Everest
- O “chairside”: Cerec

(7)

1.4 Os anos 2000 até ao presente

Ao longo dos anos 2000, há um aumento significativo do número de sistemas.

O CEREC, ainda dominante, evolui: CEREC3 Redcam e CEREC inLab (capaz de produzir pontes de 3 elementos com uma interface ainda em 2D). Em 2003, o software foi simplificado e mudado para 3D. Em 2005, o software faz ajustes oclusais. (11)

O principal acontecimento na história do CAD/CAM dentário ocorreu por volta de 2005, quando foram introduzidos sistemas abertos. Isto significa que pode utilizar um sistema do scanner ótico de uma empresa com software de conceção de outra e uma máquina ferramenta de uma terceira marca. Desde que os três sistemas estejam abertos. É o aparecimento do formato de ficheiro STL (STereo-Litografia) que permite a comunicação entre os vários sistemas abertos. (18,19)

Foi neste momento que muitos sistemas, tanto abertos como fechados, foram desenvolvidos:

- O sistema iTero, de Straumann® em 2005, é uma grande inovação, é um dispositivo que não precisa de pó (a saliva na superfície dos dentes tornou a numerização errônea, o pó permitiu uma opacificação e, portanto, um melhor reflexo da luz). O sistema iTero é um sistema fechado. (20)

- O sistema lava COS de 3M é o primeiro a funcionar em captura, chamado "full motion". Sistema com pó. É um sistema semi-aberto, ou seja, pode funcionar com vários softwares de concepção (Dental-Wings™, 3Shape...) desde que o software de compatibilidade LAVA 3M esteja disponível. (21)

- Em 2009, o CERCE Bluecam da Sirona: laser azul (a luz vermelha é mais absorvida pelos tecidos dentários do que a luz azul, pelo que o número de raios refletidos foi reduzido: quanto menos os raios refletidos, mais fraca a qualidade da imagem). Também é auto-acionável, pelo que não há necessidade de carregar num botão. Sistema com pó. (11)

- Em 2011, foram introduzidos novos sistemas sem pó e em "full motion", por exemplo, TRIOS® por 3Shape (sistema aberto). (20)

- Em 2012, uma nova inovação chegou ao mercado, a imagem em cores. Temos câmaras que funcionam agora em "full motion", sem pó e a cores, como é o caso da câmara a cores TRIOS® da 3Shape e da câmara Omnicam da Sirona. (20)

Em 2014, estão a ser desenvolvidas várias câmaras que combinam estas três características e que se ligam diretamente a um computador através de uma porta USB, sendo ao mesmo tempo sistemas abertos. Estes sistemas são:(1,6)

- O scanner CondorScan (empresa de François Duret, Aabam) em 2014(1,6)

- O scanner CS3500 da Carestream. Carestream está também a desenvolver um sistema de concepção e uma máquina de usinagem. Todo o sistema é aberto, pelo que não é necessário utilizar todos os elementos da cadeia CAD/CAM da mesma marca. No entanto, esta câmara funciona por captura de imagem. (6)

- O scanner Planscan da Planmeca®(1)

- O scanner Zfx intrascan de Zfx dental (uma filial da Zimmer ®)(1)

Além disso, são possíveis diferentes configurações de câmaras: num carrinho (“cart”), com ligação USB ou integrado na cadeira, etc. É mesmo possível encontrar a mesma câmara em diferentes apresentações. É o caso do CEREC Omnicam: CEREC AC Omnicam (carrinho), CEREC AF Omnicam (USB) e CEREC AI Omnicam (montada em cadeira). (11,22)

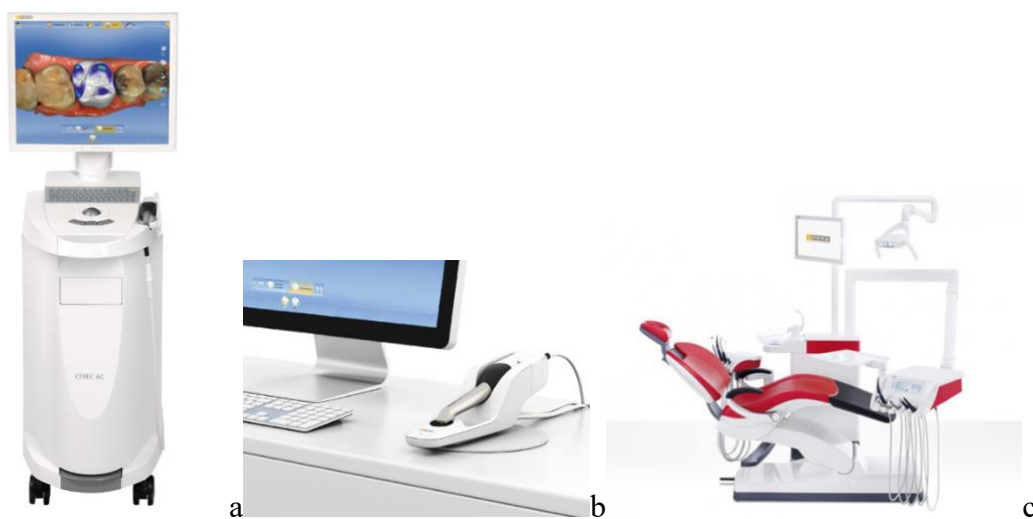


Figura 2: a.Sistema CEREC AC omnicam, b.Sistema CEREC AF Omnicam, c.Sistema CEREC AI Omnicam. (retirado de: <https://www.dentalinov.com/produto/camera-bluecam/>)

- Em 2015, a DentalWings™, que era anteriormente uma empresa de software CAD/CAM, desenvolveu um scanner (DWIO), em “full-motion” sem pó. A inovação aqui é o tamanho da câmara, que é quase tão pequena como uma turbina, o que é uma grande vantagem em termos de ergonomia. É um sistema aberto.(6)

- Também em 2015, a empresa GC comercializou a sua câmara Aadvia iOS. Esta câmara funciona em “full motion”, sem pó, mas não permite a obtenção de imagens a cores reais. Esta câmara é um sistema aberto. (6)

- Em 2016, Carestream lançou o scanner CS3600, uma câmara em “full motion” sem pó e com cor verdadeira.(6)

- Em 2017, Planmeca® lançou o scanner Emerald ®. A principal novidade em comparação com o Planscan é que este tem imagens a cores reais, em “full motion” e sem pó. (6)

- Em 2018, existem mais de vinte scanners óticos no mercado mundial. Estes sistemas são mais robustos enquanto são mais leves (100 a 800 g atualmente, em comparação com 1kg para os primeiros). Os sistemas operam numa base de visualização por imagens, em contínuo ou em modo dinâmico com um elevado grau de precisão (até 30 micrómetros). As melhorias em termos de inteligência artificial permitem aos sistemas eliminar certos elementos indesejáveis que tenham entrado no campo (por exemplo, o polegar do cirurgião) antes do processamento no computador. Finalmente, os scanners estão equipados com um suporte ou um vidro de aquecimento que mantém a cabeça a 37°C antes da digitalização intra-oral, a fim de eliminar o fenómeno de embaciamento que impede a tomada de uma impressão.(23)

Em 2019, o funcionamento não mudou, a batalha tecnológica reside na estabilidade e rapidez dos resultados, qualquer que seja o método utilizado ou os tecidos visados. O progresso tecnológico visa também aumentar a profundidade do campo através da redução do ângulo de triangulação. Procuramos conforto na boca, para manter a precisão ao mesmo tempo que fazemos uma captura mais rápida e temos uma câmara mais pequena.(24)

- Possibilidade de partilhar ficheiros a cores (formato PLY) e possibilidade de detetar cáries através da adição de um transmissor. (24)

- Os sistemas, Itero e 3Shape aumentaram a sua velocidade de captura. Em 2017, estamos a passar de medir uma secção a cada 100 para cada 80um. Em 2019, estamos entre 50um e 30um.(24)

- A única câmara no mercado em 2019 que utiliza LED e não a projeção de luz estruturada é a câmara Wow® de BiotechDental®. (24)

- Aparecem câmaras intermédias, conhecidas como câmaras mistas. Estas câmaras, em vez de procurarem estes pontos de referência nas superfícies lisas, criam-nos artificialmente através da projeção de uma nuvem de pontos. O primeiro foi DentalWings™. São muito populares nos laboratórios de investigação da indústria

dentária, mesmo com os defensores de métodos confocais como o 3Shape ou Straumann®.(24)

- 2021, quase meio século de CAD/CAM dentaria, a impressão ótica em CAD/CAM já não é uma simples imagem 2D projetada num ecrã, as câmaras são capazes de dar informação suficiente para reproduzir os pontos de contacto, uma profundidade cada vez mais precisa, uma adaptação marginal mais precisa. Esta inteligência artificial capaz de tais coisas será provavelmente um assistente virtual no futuro: a inteligência artificial será capaz de detetar os pontos fracos do medico e corrigi-los em tempo real graças a uma orientação personalizada.(24)

É também nos anos 2000 que temos os resultados de muitos estudos realizados sobre sistemas existentes e também o recuo das primeiras peças protéticas CAD/CAM, aqui estão alguns resultados de estudos: (25)

- Em 2002, Otto T. examinou o desempenho da CEREC inlays e onlays em termos de qualidade clínica durante um período funcional de 10 anos. As 187 inlays/onlays foram fabricadas à beira da cadeira utilizando o sistema CEREC 1 e a cerâmica feldspática Vita MK. Concluíram que a taxa de falha de 8% e a queda da probabilidade de sobrevivência para 90,4% apos 10anos de serviço clínico das restaurações CAD/CAM Cerec1 feitas de cerâmica feldspática Vita MK 1 pareciam ser aceitáveis na prática privada. Isto foi particularmente verdade tendo em conta a elevada satisfação dos pacientes. (25)

- Em 2006, Strub.J, Rekow.ED analisou os sistemas existentes de desenho assistido por computador (CAD) / fabricação por computador (CAM), descreveu os componentes das tecnologias CAD/CAM e abordou as limitações dos sistemas atuais, e sugeriu possibilidades para sistemas futuros. Eles concluíram que os sistemas CAD/CAM dentários existentes variavam drasticamente em suas capacidades; cada um tinha vantagens e limitações distintas. As tecnologias emergentes podem expandir drasticamente as capacidades dos futuros sistemas, mas também podem requerer um tipo diferente de treinamento para usa-los cm toda a sua eficácia.(25)

- Em 2016, Alghazzawi.TF apresentou uma revisão da literatura publicada atualmente investigando os vários métodos e técnicas de encandeamento, design e fabricação de

restaurações geradas por CAD/CAM juntamente com o detalhe das novas classificações da tecnologia CAD/CAM. O resultado mostrou que a tecnologia CAD/CAM tinha vantagens, incluindo impressões e modelos digitais, e o uso de articuladores virtuais. O software de desenho tinha mais aplicações, incluindo dentaduras completas e trabalhos de armação de prótese parcial removível. A precisão do fabrico da restauração pode ser melhor alcançado com unidades de fresagem de 5 eixos. Ele concluiu que a tendência futura para a maioria dos profissionais seria o uso de uma camara de aquisição acoplada a um computador com o software apropriado e a capacidade de encaminhar a imagem para o laboratório.(25)

- Em 2017, 12 anos após os primeiros sistemas abertos, é preciso permanecer vigilante, uma vez que alguns sistemas abertos aceitam ficheiros e parecem ser compatíveis quando de facto não são totalmente compatíveis e otimizam ficheiros do seu próprio IOS (scanners intra-orais). O software de conceção que está amplamente disponível e não é provável que tenha este defeito é o Exo-CAD. (26)

- Em 2019, ATT.W e all avaliou a adaptação marginal de diferentes próteses dentarias fixas de 3 unidades de zircónia em diferentes estágios de fabricação e após o envelhecimento artificial. Eles concluíram que a precisão marginal das próteses dentarias fixas de zircónia foi influenciada positivamente pela técnica de fabrico.(25)

- Em 2019, muitos investigadores têm demonstrado que os scanners intra-orais estão a alcançar o desempenho da impressão tradicional para impressões unitárias. A precisão situa-se entre 20 e 40 um (todos os segmentos combinados) e a precisão total do arco situa-se entre 40-80um (para uma resolução ligeiramente superior). Estes resultados foram publicados em numerosas revistas científicas (JPD: Journal of Prosthetic Dentistry), o International Journal Computerised Dentistry, etc.) Estes resultados variam de um scanner para outro.(24)

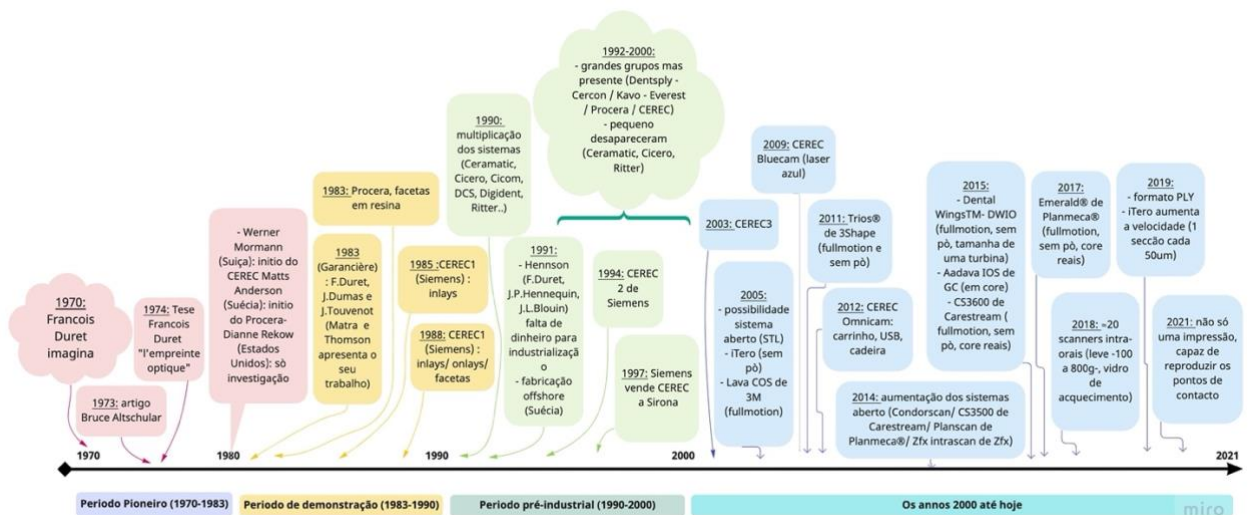
Ao mesmo tempo, durante este período, houve um desenvolvimento em software de design com DentalDesigner de 3shape (sistema aberto), DesignSystem de Sensable (sistema aberto), Cercon® Art de Dentsply (sistema fechado), DWOS-RPM de Dentalwings™ (sistema aberto), etkon-visual de Straumann (sistema fechado) ... O

desenvolvimento não se limita à concepção, mas também tem lugar a nível da fabricação, por exemplo, as máquinas Zeno da Imes e Wieland e Mill200 da Bien-Air, que são sistemas abertos. (4)

Para concluir esta primeira parte, podemos dizer que em geral o CAD/CAM dentário nasceu nos anos 70 graças a vários pioneiros: Bruce Altschuler e François Duret. Pioneiros que combinaram os seus conhecimentos científicos e dentários. Nos anos 80, vários outros pioneiros (Dianne Rekow, Matts Andersons e Werner Mörmann) também se interessaram pelo assunto e desenvolveram os seus próprios sistemas (exceto Dianne Rekow). Nos anos 90, os sistemas fechados dominaram o mercado. Uma explosão do mercado ocorreu nos anos 2000 com muitos sistemas, tanto abertos como fechados, tornando-se cada vez mais eficiente, com inteligência artificial cada vez mais desenvolvida.

Para concluir com a parte "história", a fim de resumir os principais acontecimentos que marcam a história do CAD/CAM dentário criámos uma linha cronológica.

Figura 3: Cronologia dos principais eventos nos scanners intraorais



2. Os scanners intra-orais

2.1 Geral

No CAD/CAM, existem agora muitos métodos para digitalizar as formas dos objetos. Existe o método mecânico (com contacto físico pontual) e ou sem contacto. No primeiro, a digitalização é feita por uma sonda que toca o objeto. No outro caso, sem contacto, a interação com a superfície do objeto pode ser obtida por fenómenos de ondas, acústicos ou magnéticos. (27)

No CAD/CAM dental, a digitalização com um scanner intra-oral pode ser utilizada em diferentes momentos da cadeia terapêutica, ou seja, em três tipos de estruturas:(28)

- Diretamente na boca, sobre tecido dentário e periodontal
- Numa impressão negativa no laboratório protético
- Ou num modelo de molde positivo (unidade ou global), também no laboratório.

Embora vários sistemas utilizem a digitalização de modelos em laboratório, desde o início, os criadores de CAD/CAM dentários basearam a sua investigação no princípio da digitalização diretamente na boca. Isto simplifica o manuseamento e encurta o processo de fabrico ao eliminar as deformações causado pela impressão. A técnica táctil, utilizando micropipers, é impossível de realizar esta técnica na boca. (29)

No que diz respeito aos métodos de digitalização sem contacto físico, apenas o método das ondas (ou ótico) é aplicável à nossa especialidade. Pode ser encontrado tanto em scanners de laboratório como intraorais. (30)

2.2 Princípios tecnológicos

Aqui, não se trata de detalhar a física das ondas em pormenor, mas de abordar algumas noções fundamentais para a compreensão desta tecnologia.(28)

2.2.1 Fontes de luz

O scanner intraoral utiliza sempre uma fonte de luz. A luz consiste em ondas eletromagnéticas caracterizadas pela sua fase e comprimento de onda.(31)

Existem dois tipos de luz:

- Luz branca, que pode ser filtrada por um filtro colorido. Diz-se que a luz branca é policromática, também é chamada de incoerente porque as ondas que a compõem têm fases diferentes. É a luz habitual, emitida pelo sol, uma chama ou várias fontes elétricas convencionais (néon, LED, etc.). Em câmaras, este tipo de luz é emitido por LED.(4,31,32)

- O laser, descrito como luz coerente, é uma fonte de luz amplificada. O laser é monocromático: todas as ondas na radiação têm o mesmo comprimento de onda. Todas as ondas de luz transportadas pela radiação estão em fase e são emitidas na mesma direção.(33)

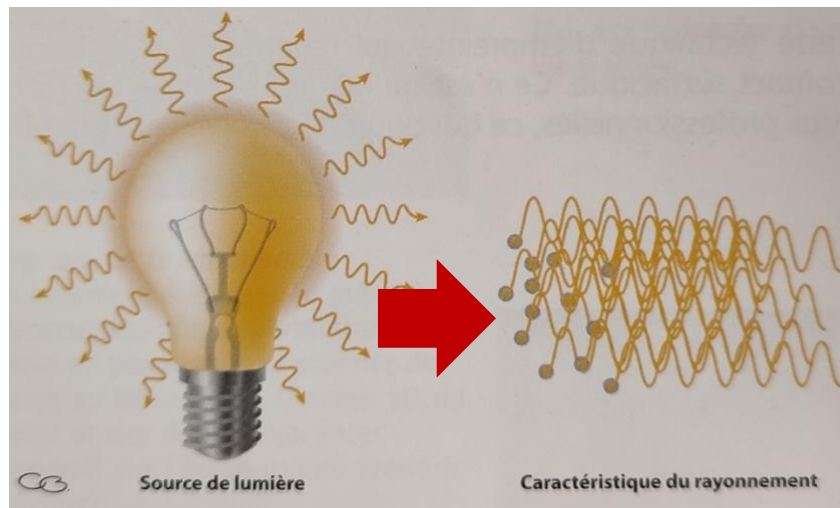


Figura 4: Luz branca: as ondas emitidas vão em todas as direções, não são ordenadas e têm comprimentos de onda diferentes (esquema de Corinne Boudon). Imagem retirada de (28)

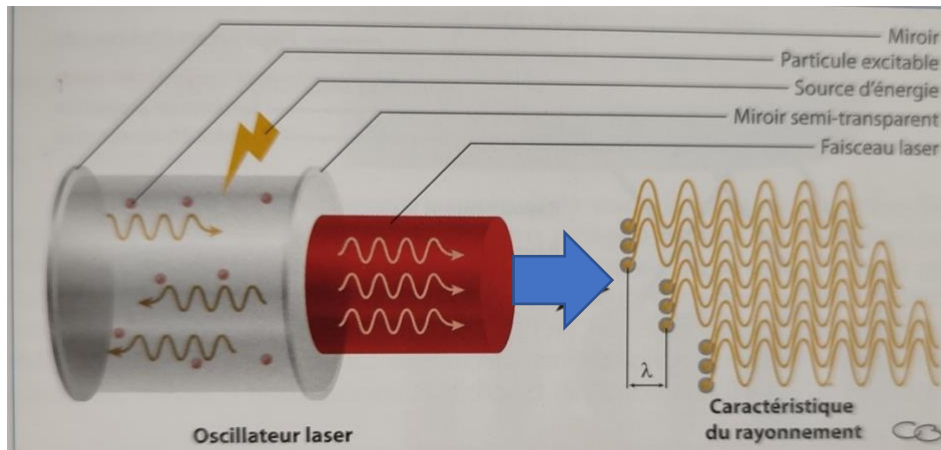


Figura 5: Luz laser: uma fonte de energia excita as partículas no meio laser, estas emitem então luz que o oscilador vai ordenar de forma unidirecional, todas as ondas da radiação estão em fase (alinhamento dos picos) e têm o mesmo comprimento de onda (esquema de Corinne Boudon). Imagem retirada de (28)

2.2.2 Medição ótica

Qual é o processo pelo qual uma medição pode ser feita usando a luz?(31)

A medição ótica é uma medida de deformação. O princípio consiste em projetar um feixe de luz de referência cujas características são conhecidas: a radiação incidente. O objeto assim iluminado reflete uma parte da radiação que recebe. Esta luz refletida é medida por uma câmara sensível à luz e é imediatamente convertida em informação digital e comparada com o feixe incidente. É o computador que manipula um sistema de processamento de imagem através de uma aplicação de software que cria uma imagem 3D da realidade clínica lida pela câmara. O computador controla então a máquina de usinagem. (28,31)

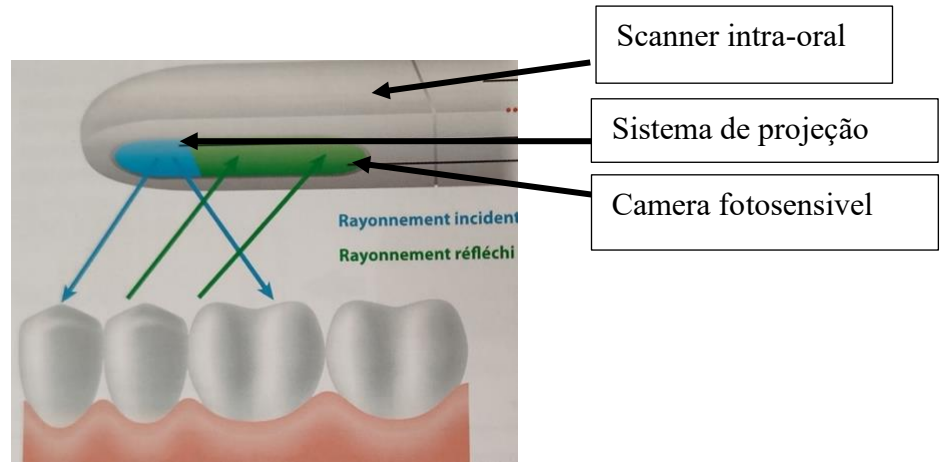


Figura 6: Medição ótica: a radiação emitida é refletida pelas estruturas registadas (esquema de Corinne Boudon). Imagem retirada de (28)

2.3 Técnicas de aquisição

A fim de obter uma representação informática da preparação, existem várias técnicas para a recolha de informação. Existem principalmente dois métodos de medição: triangulação e imagens confocais paralelas. (6,28,34)

2.3.1 Método de triangulação

Baseia-se num princípio matemático: a trigonometria. Graças ao teorema de Pitágoras, o conversor pode deduzir a distância recetor-transmissor porque conhece a distância entre o recetor e o transmissor e a angulação. Assim, pode reconstruir o objeto medido em 3D.(6,31,35)

No caso desta técnica, os três vértices do triângulo são : (31,35)

- O emissor: emite radiação luminosa conhecida e dirigida (por exemplo, laser)
- O objeto a medir no qual a radiação é refletida (o dente)
- O captor que regista a deformação da luz (como resultado da reflexão sobre o objeto)

No campo dos scanners intra-orais, a triangulação passiva é abandonada para a triangulação ativa. De facto, no caso da triangulação passiva, o sistema baseia-se no reflexo do fluxo luminoso ambiente. Embora este sistema seja barato, apenas objetos com elevado contraste e arestas bem definidas podem ser medidos com precisão.(6,31,35)

A triangulação ativa difere da técnica passiva na medida em que utiliza iluminação estruturada. Os padrões conhecidos são projetados sobre o objeto. A fonte de luz é de preferência um diodo laser. (6,35)

Os métodos de triangulação são classificados por tipo de padrão de luz projetada (ponto, linha, padrão 2D):(31)

- Projeção pontual: este é o método inicial. O trabalho é realizado ponto por ponto, o que significa que leva muito tempo a registrar, esta técnica não é utilizada na boca mas para digitalizações extra-orais.(31)

- Projeção de linha: o princípio é o mesmo, mas para acelerar o processo de aquisição, uma linha é projetada sobre a superfície do objeto. A deformação da linha permite a reconstrução do relevo, este método é também demasiado lento para ser utilizado em intra-oral.(31)

- Projeção de uma máscara: o método de triangulação mais bem-sucedido é mais rápido, mas que requer que o objeto (o dente) seja fixado. Há uma projeção de uma grelha de luz com uma grelha regular e uma medida conhecida que cobre inteiramente o objeto. Assim, a imagem do modelo iluminado é recuperada pelo recetor. (31)

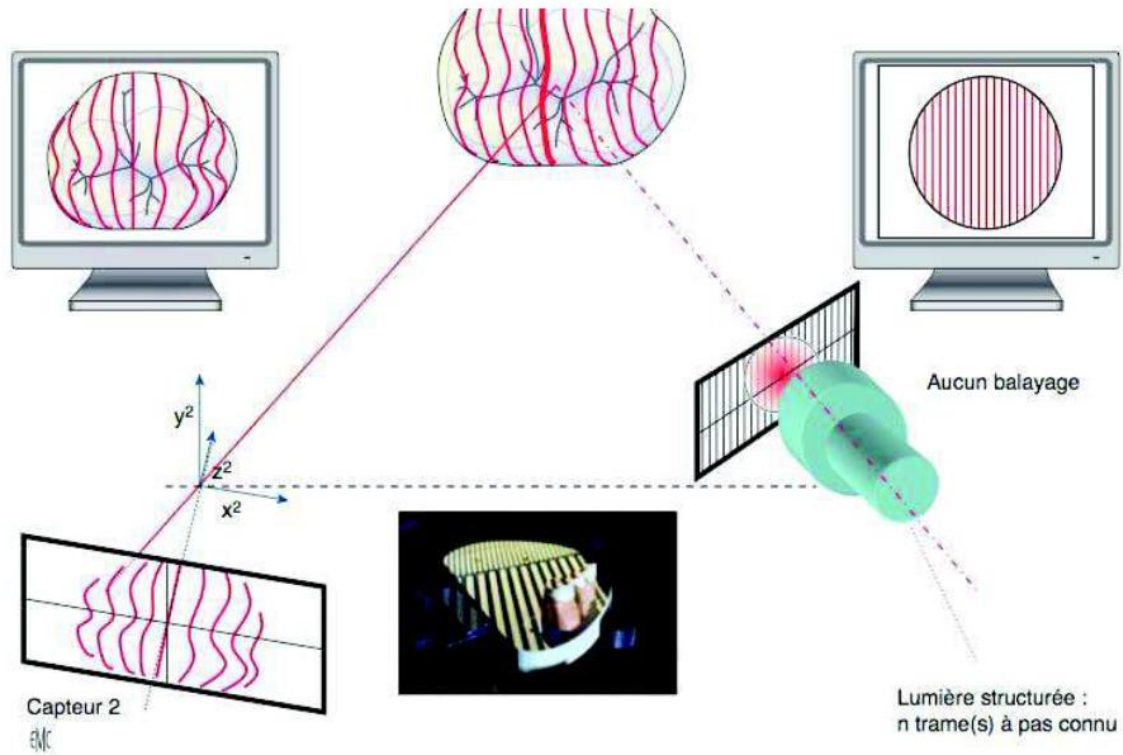


Figura 7: Esquema representativo do método de medição por projeção de uma máscara em triangulação estruturada de luz. Imagem retirada de (31)

Na literatura, muitos artigos atribuem o princípio da triangulação a dois sistemas: o CEREC Omnicam de Sirona o CS3500 de Carestream, o CEREC (OMNICAM). (6,35)

No entanto, é difícil encontrar uma classificação precisa dos diferentes métodos óticos utilizados para scanners intra-orais. Por exemplo, François Duret diz que o antigo scanner CondorScan™ de Biotech™ tem um método próximo da triangulação, que na realidade seria semelhante aos métodos de interferometria. (31,34,36)

A interferometria consiste em projetar uma grelha periódica na superfície do objeto e observá-la através de uma segunda grelha. Estes métodos são semelhantes aos métodos de triangulação porque o dispositivo utilizado e em particular a montagem dos elementos óticos são caracterizados pela angulação entre a emissão e a recepção de ondas de luz. Difere da triangulação na informação da medição (aqui pela interferência das duas grelhas). (31)

O método estereoscópico ou estereofotogrametria é uma variante dos métodos habituais de triangulação, uma vez que consiste na utilização de duas câmaras, sob luzes LED. Funciona de uma forma como nós usamos os nossos dois olhos. A vantagem deste tipo de scanner reside na simplicidade dos seus componentes, o que reduz consideravelmente o seu custo e peso de fabrico. Por outro lado, o processamento informático dos dados de saída, que não é transformado por componentes eletrónicos no scanner, requer algoritmos muito mais complexos do que para outros métodos de triangulação. (28)

A câmara de DentalWings™ utiliza este método de aquisição. A antiga câmara Aadv também. (6)

2.3.2 Imagens confocais paralelas

O princípio do microscópio confocal é passar o feixe laser através de uma assembleia ótica. Usando uma fonte de luz laser e focalizando-a através de uma lente. Esta luz analisa em seguida o objeto que o reflete. A luz refletida é recebida por um recetor. A combinação do laser e da leitura ótica permite a reprodução digital da superfície e do contorno do dente. (28,36)

Na ótica, para que a imagem de um ponto seja perfeitamente nítida, o objeto deve estar no plano focal do sistema ótico. A imagem dos pontos fora deste plano focal aparece desfocada no plano do detetor. É graças ao orifício, que atua como um filtro, que os sinais luminosos de outros planos são eliminados. Nesta técnica, o objetivo é registar os pontos no plano focal, permitindo a aquisição de uma série de imagens nítidas a profundidades seletivas de campo. Como a profundidade de campo do sistema é conhecida em cada instante, quando um ponto está no plano focal, deduz-se a sua distância. As imagens são gravadas por nível de profundidade e depois reconstruídas por computador. (28,36)

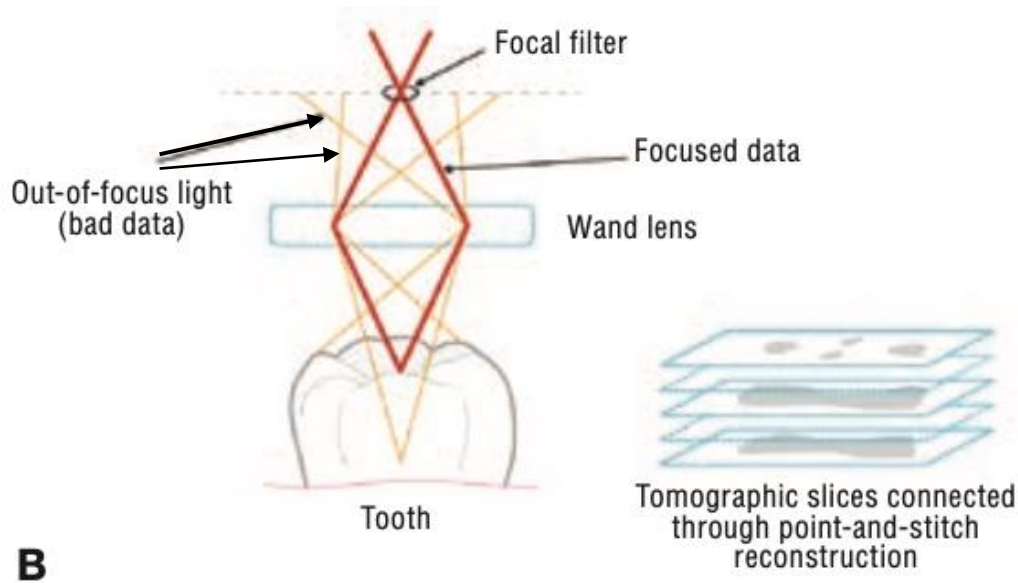


Figura 8: Esquema da técnica paralela confocal. Imagem retirada de (36)

O desafio para um scanner intraoral é captar um número suficiente de imagens num tempo aceitável. Para este efeito, é adicionada uma grelha de microlentes, todas com o mesmo plano focal. A grelha é inclinada para cobrir vários planos. Isto torna possível multiplicar o número de imagens e o número de planos focais num único tiro. (37)

Vários sistemas utilizam este método de aquisição: TRIOS® 3 e TRIOS® 4 de 3Shape, iTero elemento da Align®. (6,35)

2.4 Modo de gravação

O scanner intraoral é também chamado câmara fotográfica. É um dispositivo complexo que emite e recolhe uma onda de luz, e transforma-a em informação digital que pode ser utilizada por um computador.(28,31)

Dependendo da tecnologia, pode também ser uma câmara no sentido mais comum (caso de estereofotogrametria). Neste caso, grava e transmite imagens: o trabalho do computador neste caso é mais complexo para a transformação de dados digitais.(28)

Assim, encontramos várias famílias de câmaras e vários tipos de impressões digitais óticas, com diferentes protocolos, dependendo das tecnologias utilizadas.(4)

Independentemente do tipo de captura, o tempo de digitalização é aproximadamente o mesmo: 2 a 5 minutos para uma única restauração e 7 a 10 minutos para um arco completo. Atualmente, a maioria dos scanners de renome pode realizar digitalizações de todo o tipo em 60 segundos, na mão de médicos experientes. (28)

Inicialmente, o modo de gravação de fotos sucessivas era o utilizado por todas as câmaras. Foi o primeiro a ser desenvolvido, pelo que todas as primeiras câmaras utilizaram este modo de aquisição: os sistemas CEREC 1, CEREC 2, CEREC 3 Redcam e CEREC Bluecam da Sirona, por exemplo. Atualmente, DentsplySirona® abandonou este modo de aquisição para a CEREC Omnicam e Primescan. A câmara CS3500 da Carestream, desenvolvida em 2014, ainda utilizava este modo de aquisição. Carestream também abandonou esta técnica, começando com a câmara CS3600. (6,28,35)

O método de gravação sucessiva consistiu em tirar várias imagens estáticas 3D que foram depois sobrepostas graças às suas partes comuns, a fim de recriar um todo. Era muito importante que a câmara fosse estável para este método, caso contrário a imagem obtida era desfocada, o que tornava a aquisição mais complicada do que através da digitalização. (6,28,35)

Atualmente, todas as câmaras no mercado fazem gravações de digitalização rápida ("full motion"). (28,31)

Este modo de gravação, "full motion", é uma captura contínua. O princípio é fazer um vídeo do dente em vez de fazer várias fotos de ponta a ponta. O utilizador só tem de mover a câmara sobre as superfícies a registar e a representação aparece em tempo real no computador, indicando quais os dados que não são utilizáveis. O utilizador deve então regressar a uma área bem gravada e repetir o registo das zonas em falta. Além disso, o utilizador não deve exceder uma certa velocidade e deve respeitar a profundidade do campo, caso contrário, haverá falta de registo. (6,28,35)

É a este método de gravação que todos os novos sistemas se voltaram, pois é muito mais fácil de utilizar e muito mais rápido do que o método de imagens sucessivo. (28)

No entanto, como o número de imagens é muito grande, os ficheiros são maiores e requerem uma potência de computação proporcional ao tamanho do registo. (6,35)

2.5 Apresentação dos scanners intraorais atuais

Antes de apresentar os modelos atuais, é importante estabelecer os critérios de comparação utilizados aqui nesta tabela:(22,38–42)

- Velocidade, fluxo de aquisição e inteligência artificial (IA): o que antes era uma melhoria importante, agora está consideravelmente melhorada, a velocidade já não é um critério fundamental, uma vez que quase todos têm alta velocidade. No entanto, o fluxo e a inteligência artificial dos sistemas são diferentes. O fluxo de digitalização não tem realmente a ver com a velocidade, mas sim com a suavidade da experiência de digitalização. Será que o scanner perde o seu lugar? Será que o scanner processa bem os contornos da arcada sem transição? Será que constroi bem as imagens? Por outras palavras, será a inteligência artificial do scanner é inteligente? Sabe a diferença entre a gengiva e um artefacto? (22,33–38)

- Tamanho / peso / ergonomia do scanner: para uso frequente ou pediátrico, este pode ser um critério de seleção importante.(22,38–42)

- Configuração: porta USB ligada a qualquer computador (de alto desempenho), carrinhos ou ambos para alguns.(22,38–42)

- Scanners com e sem fios: para facilidade de utilização, mas a duração da bateria permanece para ser vista ao longo do tempo.(22,38–42)

- Detetor de cáries: oclusal / interproximal.(22,38–42)

- Como lavar as pontas que estarão em contacto com a boca do paciente: autoclaváveis ou não, bem como o número de ciclos possíveis.(22,38–42)

- Se a cabeça tem um sistema anti-névoa, com ou sem tempo de aquecimento.
(22,38–42)

- Preço: o custo pode variar consideravelmente entre as diferentes estampas e também de acordo com o formato e acessórios escolhidos. Daremos aqui um preço médio para cada sistema.(22,38–42)

Tabela 1: As diferentes características principais dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67)

Scanner intra-oral	Velocidade / Fluxo / IA	Tamanho/ Peso	Formato	Fio?	Caries?	Autoclavavel?	Cabeça aquecida	Preço (euros)
Dentsply Sirona® - CEREC Primescan (2019)	Um dos mais rápidos. Excelente IA: digitalização muito eficiente, remove artefactos	Maior do que Omnicam / 457-525g	Carrinho (táctil) (30min de autonomia)	sim	não	ponta de lavagem a frio ou ponta autoclavável (50 vezes) ou ponta de uso único	sim (tempo de pré-aquecimento rápido)	≈40 000 a 80 000
Dentsply Sirona®- CEREC Omnicam (2012)	Rápido. IA inteligente	315g	carrinho / USB (PC específico do sistema) / cadeira integrada	sim	não	ponta de lavagem a frio ou ponta autoclavável ou de uso único	sim (tempo de pré-aquecimento rápido)	≈36 000 a 60 000
3Shape - Trios® 4 (2019)	Não mais rápido do que os Trios® 3	tamanho médio da cabeça / 345g (com fio) / 375g (sem fio)	carrinho (Trios® Move com ecrã táctil) / USB (POD)	sim / não (pode ser usado em carga)	sim (superfície: fluorescência integrada)	ponta autoclavável (até 150 vezes)	sim	≈34 000 a 50 000
3Shape - Trios® 3 (cor ou não) (2015)	O mais rápido da sua geração.	tamanho médio da cabeça / 345g (com fio) e 373g (sem fio)	Carrinho / USB	sim	não	ponta lavável a frio	sim	≈20 000 a 43 000
Planmeca® - Emerald® S (2019)	mais rápido / melhor IA do que a Emerald®	mesmo tamanho que Emerald® / 235g / maior cabeça de digitalização	USB	sim	sim (Ponta de Cariosity® por transiluminação)	ponta autoclaváveis (300 vezes)	sim	≈36 000
Planmeca® - Emerald® (2017)	rápida / AI: elimina áreas irrelevantes	tamanho médio / 235g	USB	sim	não	ponta autoclavável	sim	≈34 000
Medit- i700 (2021)	IA muito rápida / inteligente com atualizações mensais	tamanho médio / 245g (com fio) e 328g (sem fio)	USB C	sim (cabo destacáveis) / não	não	ponta autoclavável (150 vezes)	sim	≈20 000
Medit- i600 (2021)	Não tão rápido como i700 / IA inteligente (o mesmo que i700)	mesmo tamanho que i700 / 245g	USB C	sim (cabo destacáveis)	não	ponta autoclavável (150 vezes)	sim	≈18 000

Align® iTero Element5D (2019) / 5D Plus (2021) / 5D PlusLite (2021)	- reatividade média com IA aceitável para a 5D / grande melhoria na IA para a 5D Plus: mas rápida (visualmente idêntica)	grande, pesado, volumoso / 500g	Carrinho / Tablet (ambos com ecrã tátil)	sim	sim (interpro ximal) para os 5D e 5D plus	utilização única	sim	≈38 000 a 49 000
Align® iTero Elemento 2 (2018)	- reatividade média e IA média	grande, pesado / 500g	Carrinho / Tablet (ambos com ecrã tátil)	sim	não	utilização única	sim	≈33 000 a 45 000
Envista® CS3800 (2021)	- rápida excelente IA	compacto e leve / 240g	carrinho / USB	sim / não (60min de auto nomia)	não	ponta autoclavável (110 vezes)	sim	≈35 000
Envista® CS3700 (2019)	- rápida excelente IA	compacto / 316g	USB	sim	não	ponta autoclavável (60 vezes)	sim	≈30 000
Dental Wings™ - VirtuoVivo ™ (2019)	lento / AI bom	leve, em forma de caneta / 213g	Carrinho / USB	sim	não	ponta autoclavável (250 vezes)	sim	≈18 000
3Disc - Heron IOS (2018)	rápido / AI bom	ergonómico e muito leve / 150g	USB (com ecrã tátil)	sim	não	ponta autoclavável (250 vezes)	sim	≈17 000
Biotech Dental® - WOW® (2019)	intervalo de tempo entre a aquisição e a aparência do ecrã / IA funcional, mas não muito inteligente	mais pequeno / ≈100g	USB (oferece computador próprio)	sim	não	ponta de lavagem a frio	sim	≈18 000
Launca- DL- 206 (2020)	IA rápida / média	luz / 250g	USB / carrinho (DL- 206P)	sim	não	ponta autoclavável (40 vezes)	sim	≈14 000 a 19 000
Runyes™ 3DS (2018)	- mais lento que a média / IA funcional	compacto / 210g	USB	sim	não	ponta autoclavável (15 vezes)	sim	≈16 000
Alliedstar® AS100 (2019)	- Muito rápido / IA inteligente	muito leve / 198g	USB (ecrã tátil)	sim	não	ponta autoclavável (60 vezes)	sim	≈12 000
Fussen® DentalLink S6000 (2020)	- velocidade média / IA média e lenta	tamanho médio / 350g	USB / Carrinho	sim	não	ponta autoclavável (25 vezes)	sim	≈13 000
Shinning 3D® - Aoralscan® 3 (2020)	velocidade média / IA média	luz / 240g	USB	sim	sim	ponta autoclavável (100 vezes)	sim	≈14 000
Eighteenth® Helios600 (2022)	- boa velocidade / IA correta	muito leve / 198g	USB (ecrã tátil) / Carrinho (ecrã tátil)	sim	não	ponta autoclavável (60 vezes)	sim	≈10 000

Pingtum PandaP2 (2021)	-	velocidade média / IA correta	luz/ 246g	USB táctil)	(ecrã	sim	não	ponta autoclavável	sim	≈ 10 000
------------------------	---	-------------------------------	-----------	-------------	-------	-----	-----	--------------------	-----	----------



Figura 9: fotografia do scanner Virtuo Vivo™ de Dental Wings™. (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ids-2019/review-of-the-intra-oral-scanners-at-ids-2019/>)



Figura 10: fotografia do scanner CS3700 de Envista® (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/carestream-dental-cs3700-review/>)



Figura 11: fotografia do scanner CS3800 de Envista®. (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/new-carestream-intraoral-scanner-announced-cs-3800/>)



Figura 12: fotografia do scanner 3DS de Runyes™. (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/runyes-3ds-intraoral-scanner-review/>)



Figura 13: fotografia do scanner Aoralscan® 3 de Shinning 3D® (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/aoralscan-3-scanner-review-the-latest-ios-by-shining-3d/>)



Figura 14: fotografia do scanner Helios 600 de Eighteeth® (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/helios-600-intraoral-scanner-review/>)



Figura 15: fotografia dos scanners, de direita a esquerda: CEREC Primescan, 3Shape TRIOS® 3, Medit i500, Envista® CS 3700 e Planmeca® Emerald®. (retirada de: <https://instituteofdentaldentistry.com/ios-reviews/carestream-dental-cs3700-review/>)



Figura 16: fotografia dos scanners, de esquerda à direita : Element 5D™ de iTero™, Trios ® 4 de 3Shape, Trios ® 3 de 3Shape, i600 de Medit, DL206 de Launca, Emerald ® de Planmeca®, Heron de 3Disc ®, i700 de Medit, CEREC Primescan de Dentsply-Sirona ®, Dental Link de Fussen ®, AS100 de Alliedstar®, CEREC Omnicam de Dentsply-Sirona® e WOW ® de BiotechDental®. (retirada de: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/intraoral-scanner-reviews-from-ids-2021-ios-market-update/>)

2.6 Formato de ficheiro, software de scanner, software de conceção e subscrição

O software de recolha de impressões tem diferentes funcionalidades, mas todas elas permitem a retoma da impressão em caso de interrupção, o retoque de uma pequena parte. A ergonomia difere um pouco entre os diferentes programas, tal como a aparência no ecrã, mas isto não é indicativo da precisão da captura. Uma vez que a impressão ótica tenha sido obtida, dependendo do software, o médico pode isolar o dente a trabalhar, desenhar o limite da sua preparação, simular um tratamento ortodôntico, etc. No que diz respeito à conceção, o software para dentistas difere geralmente do software dos técnicos de prótese dentária. São menos complexos com uma interface mais racionalizada. Devem permitir-lhe trabalhar rapidamente, garantindo um resultado equivalente ao de um laboratório. Este software terá várias aplicações, a mais comum das quais, em prótese fixa, será a reconstrução de um dente unitário. É possível fazer pequenas pontes, mas este

exercício é mais complexo, mais demorado, e requer um treino mais avançado. Em qualquer caso, a manipulação requer uma fase de aprendizagem para o médico. (2,28,38)

Não todos os sistemas têm todas estas funções, desde a simples traçado de linhas de terminação até ao software de desenho em escritório. (2)

Aqui, centrar-nos-emos nas características informáticas dos scanners intraorais acima mencionados.

Características informáticas:

- Sistema aberto ou fechado: atualmente quase todos os scanners são sistemas abertos que permitem a exportação de pelo menos um dos seguintes ficheiros: STL (*Standard Tessellation Language*, este formato é muito comum em 3D e é amplamente utilizado em quase todos os softwares de modelação), OBJ, e/ou PLY (permite uma melhor gravação através de um algoritmo de compressão, melhorando assim o tamanho da memória -em cor-dos ficheiros). Permitir aos profissionais uma maior flexibilidade e controlo sobre a tecnologia e os fluxos de trabalho. (2)

- Software de scanner: de facto, a maioria dos scanners intra-orais distinguem-se em termos de velocidade e usabilidade. O que os diferencia uns dos outros atualmente é o software e as aplicações. Alguns scanners apenas digitalizam e exportam ficheiros. Outros oferecem uma vasta gama de software, tais como simulação ortodôntica, desenho de sorrisos, criação de modelos para impressão 3D, etc. Esta diferenciação entre scanners deve ser identificada a fim de favorecer um scanner em detrimento de outro, dependendo da utilização. Diferenciar um scanner que substitui a impressão tradicional de um scanner que oferece amplas aplicações tais como simulação de ortopedia, criação de modelos e desenho de sorrisos.(28,38)

- Software de conceção: o scanner inclui software para desenho em escritório? Pode ser integrado com outro software de conceção. (2,28,38)

- Subscrição de software: alguns scanners vêm com subscrições anuais ligadas ao seu software. Outros não. Muitos scanners têm taxas anuais ligadas a 'pacotes de manutenção' que cobrem atualizações de software, manutenção, assistência e apoio contínuo. No

entanto, outros scanners têm subscrições que, se não forem pagas, significam que algumas das características do software já não são utilizáveis ou impedem mesmo que o scanner seja utilizado. É por isso que especificámos se uma subscrição é ou não obrigatória. (38)

Tabela 2: As diferentes características de "software" dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67)

Scanner intra-oral	Aberto/Fechado	Software Scanner	Software de conceção	Assinatura de software
Dentsply Sirona® - CEREC Primescan (2019)	Aberto (formato STL, OBJ, PLY / possibilidade de concessão e fabricação com sistema Dentsply Sirona®)	Imagem em tempo real no ecrã. Software a cores intuitivo, muito completo e fácil de usar. Muitas ferramentas: desenho do sorriso, desenho da linha terminação, simulação ortodôntica, desenho do modelo).	Incluído ou não. Bom guia passo-a-passo, muito bom desenho automático, muito fácil de usar.	CEREC-Club: Subscrição não obrigatória, mas necessária para atualizações.
Dentsply Sirona® - CEREC Omnicam (2012)	Fechado	Imagem em tempo real no ecrã. Software simples com cores naturais. Muitas funções: desenho do sorriso, desenho da linha terminação, simulação ortodôntica, desenho do modelo).	Incluído ou não. Bom guia passo-a-passo com bom funcionamento	CEREC-Club: Subscrição não obrigatória, mas necessária para atualizações.
3Shape - Trios® 4 (2019) e 3Shape-Trios® 3 (2015)	Aberto (formato STL, PLY) Para a produção	Software intuitivo e fácil de usar. Muitas funções: desenho do sorriso, simulação	Incluídas ou não, são necessárias múltiplas subscrições caras para	Desde 2019, não ha mais taxas anuais para a utilização do scanner.

	<p>interna, a comunicação entre o software e a máquina de terceiros pode por vezes ser problemática (erros de usinagem, problemas de reatividade)</p>	<p>ortodôntica, desenho da linha terminação, ficheiro de acompanhamento do paciente.</p> <p>Cloud disponível para a comunicação dentista/laboratorial (não obrigatória, mas que facilita).</p>	<p>utilizar o software. O TRIOS Design Studio™ é utilizado para desenhar coroas, onlays/inlays, coroas suportadas por implantes e pontes.</p> <p>Software de utilizador detalhado e abrangente.</p>	
<p>Planmeca® - Emerald S™ (2019) e Planmeca® - Emerald® (2017)</p>	<p>Aberto (STL, PLY / possibilidade de concessão e fabricação com sistema Planmeca®)</p>	<p>Software que permite o desenho de linhas de terminação, simulação ortodôntica, linha do sorriso.</p> <p>Codificação por cores das áreas de contacto.</p>	<p>Software fácil de usar, sistema avançado, mas incapaz de conceber restaurações antagonistas em simultâneo.</p>	<p>Software sem subscrição, incluídos.</p>
<p>Medit - i700 (2021) / wireless (2022) e Medit - i600 (2021)</p>	<p>Aberto (STL, PLY, OBJ)</p>	<p>SmileDesign, simulações ortodônticas, controlo dos movimentos dentários, desenho de modelos e dentes temporários.</p>	<p>Sem software de conceção.</p>	<p>Sem subscrição, armazenamento de imagens com um limite gratuito de dez GB (para além disso, taxas adicionais).</p>
<p>Align® - iTero Elemento 5D (2019) / 5D Plus (2021) / 5D plus Lite (2021) e Align® - iTero Elemento 2 (2018)</p>	<p>Aberto (STL, PLY)</p>	<p>Software com interface de fácil utilização, muitas opções: incluindo verificação de oclusão e colocação de linhas de terminação.</p> <p>Remove muito bem os artefactos,</p>	<p>Sem software de conceção.</p>	<p>A subscrição anual é essencialmente obrigatória para a sua utilização ótima, permitindo atualizações.</p>

		<p>pode ter dificuldades em grandes áreas desdentadas: é melhor desativar a função porque remove o tecido mole, incluindo a área desdentada.</p> <p>Acesso exclusivo ao Invisalign®.</p>		
<p>Envista® - CS3800 (2021) e Envista® - CS3700 (2019)</p>	<p>Aberto (STL, PLY, OBJ)</p>	<p>O software tem uma gama de funções básicas para analisar e manipular digitalizações (desenho de modelos, desenho da linha de terminação, sem desenho da linha do sorriso).</p> <p>Armazenamento local ou em rede (cloud).</p> <p>O software CS ScanFlow® tem visto muitas melhorias no fluxo de trabalho nos últimos anos, incluindo um novo modo de digitalização sem dentes disponível para o CS3800.</p>	<p>Sem software de concepção.</p>	<p>Sem subscrição anual.</p>
<p>Dental Wings™ - Virtuo Vivo™ (2019)</p>	<p>Aberto (STL, PLY, OBJ)</p>	<p>Software com poucas funções: sem desenho de modelo ou desenho de sorriso.</p>	<p>Software de desenho DWOS (bom para restauração unitária).</p>	<p>Subscrição obrigatória para a utilização do scanner.</p>
<p>3Disc - Heron IOS (2018)</p>	<p>Aberto (STL, OBJ, PLY)</p>	<p>HeronClinic: software estético,</p>	<p>Sem software de concepção (enviado</p>	<p>Sem subscrição anual.</p>

		<p>moderno, limpo e muito fácil de usar. No entanto, é muito básico e carece de muitas funções (digitalização simples com análise básica, sem desenho de modelo, sem desenho de sorriso, sem traço de linha de terminação).</p> <p>Cloud disponível.</p>	<p>diretamente para o laboratório através do cloud).</p>	
<p>Biotech Dental® - WOW® (2019)</p>	<p>Aberto (STL, PLY)</p>	<p>Câmara de vídeo intraoral com a qual pode ser adquirido um modelo 3D / sem aplicação (sem desenho de modelos, não é possível traçar a linha de terminação e também o desenho de sorriso). Simple digitalização utilizada para capturar impressões digitais através da remoção de artefactos e exportação de ficheiros.</p> <p>Para simulação ortodôntica: colaboração com Smilers® (software para alinhador invisível -Smilers® -). A impressão pode ser utilizada em scanbody (BiotechDental®):</p>	<p>Sem software de conceção.</p>	<p>Sem subscrição. Interface web gratuita (Circle), atualizações gratuitas.</p>

		software específico para soluções de implantes.		
Launca - DL-206 (2020)	Aberto (STL, PLY)	Simple numerização: capta imagens como uma câmara intraoral. Software que executa modificações básicas: remoção de artefactos e análise de zona negativa adição de linhas de terminação.	Sem software de conceção.	Sem subscrição.
Runyes™ - 3DS (2018)	Aberto (STL, PLY, OBJ)	Scan simples como uma câmara intraoral. Software que executa apenas modificações básicas: remoção de artefactos, análise de zona negativa. O software não permite a conceção de modelos ou desenho de linhas de terminação.	Sem software de conceção.	Sem subscrição.
Alliedstar® - AS 100 (2019)	Aberto (PLY, STL, OBJ)	Scanner para digitalização e exportação de ficheiros. Software muito básico com funções básicas: análise de oclusão, remoção de artefactos, análise de zona negativa. Sem traçado de linha de terminação, sem desenho de modelo, sem desenho de sorriso.	Sem software de conceção.	Sem subscrição.

		Cloud gratuito.		
Fussen® - DentalLink S6000 (2020)	Aberto (STL, PLY, OBJ)	DentaLink: software simples, intuitivo e fácil de usar. Software com poucas funções: possibilidade de traçar linhas de terminação, mas sem desenho de modelo, sem desenho de sorriso e sem simulador ortodôntico.	Sem software de concepção.	Sem subscrição.
Shinning 3D® - Aoralscan® 3 (2020)	Aberto (STL, PLY, OBJ)	O software simples é muito básico com funções básicas: análise da oclusão, verificação da zona negativa, traçado de linha de terminação, simulador ortodôntico. Cloud gratuito.	Sem software de concepção.	Sem subscrição.
Eighteeth® - Helios 600 (2022)	Aberto (PLY, STL, OBJ)	Software fluido, simples e muito minimalista com funções simples: oclusão e análise da zona negativa. O software não permite o desenho de linhas de terminação, desenho de modelos e sorrisos, ou simulador ortodôntico. Cloud gratuito.	Sem software de concepção.	Sem subscrição.
Pingtum - Panda P2 (2021)	Aberto (STL, PLY)	Software simples com funções simples: desenho de linhas de terminação e	Sem software de concepção.	Sem subscrição.

		desenho de modelos, mas sem desenho de sorrisos. Cloud gratuito.		
--	--	---	--	--

2.7 Pontos positivos e negativos dos scanners intraorais

Tabela 3: Os pontos positivos e negativos dos diferentes scanners intraorais (38,39,43–67)

Scanner intra-oral	Positivo	Negativo
Dentsply Sirona® - CEREC Primescan (2019)	- O CEREC tem um software inigualável para um software de consultório dentário (fácil de usar e eficiente). Fabricar uma restauração indireta utilizando o software CEREC é muito mais fácil do que qualquer outro software disponível. Foi concebido para a odontologia da cadeira. - A distância mínima é de 20mm.	- Uma coisa que o CEREC não faz é certas aplicações, tais como o diário de pacientes e simuladores de tratamento ortodôntico. Enquanto outros scanners de topo de gama o fazem. Ao dizer isto, o software CEREC incorporado no Primescan é para uso em cadeiras, mas não é um “laboratório”. - CEREC Smile Design não é muito estético, para desenhar o sorriso 3D, CEREC usa os dentes do scan (o software CEREC tem uma estética cartoon e não uma estética realista), sobreposta a uma imagem extra-oral, isto dá um efeito cartoon.
Dentsply Sirona® - CEREC Omnicam (2012)	- Cabeça de câmara de tamanho médio para fácil acesso na boca.	-Não o mais recente, não o melhor.
3Shape - Trios® 4 (2019)	- Muito boas aplicações de software: monitorização do diário dos pacientes, desenho de sorrisos e simulação ortodôntica. - Os médicos que desejem utilizar a gama de software de desenho de 3Shape conjunto com o scanner Trios®	- Para a produção em consultório, devem ser utilizadas um outro sistema (diferentes marcas) para a fabricação. - O carrinho não tem bateria, uma vez desligado da corrente desliga-se. Se for utilizado em salas diferentes, deve ser desligado e ligado de novo de cada vez.

	<p>pode: orientação de implantes, desenho de próteses digitais.</p> <p>- Tem uma boa economia de energia da bateria (scanner sem fios).</p> <p>- O Trios® Move (formato carrinho do Trios®) é muito ergonómico e o ecrã pode ser colocado a muitas alturas diferentes, permitindo a sua utilização tanto sentado como em pé.</p>	
3Shape - Trios® 3 (2015)	<p>- Todos os registos de doentes estão disponíveis, independentemente do scanner Trios® utilizado.</p> <p>- Scanner mais barato que o Trios® 4 e ainda tem acesso ao software 3Shape.</p>	<p>- Maior tempo de aquecimento do que os novos scanners no mercado.</p> <p>- Sem bateria e difícil de manobrar.</p>
Planmeca® - Emerald® S (2019)	<p>- Mais barato do que o CEREC, com a vantagem adicional de não haver absolutamente nenhuma subscrição.</p>	<p>- Fluxo de trabalho CAD/CAM decente, mas com algumas limitações: Impossível conceber restaurações antagonistas em simultâneo.</p> <p>- Software menos eficiente do que o CEREC (aplicações de software limitadas).</p>
Planmeca® - Emerald® (2017)	<p>- Rápido e menos caro do que o CEREC.</p> <p>- Controlo a pedal sem fio.</p>	<p>- Durante o scan, as imagens no ecrã indicam se o software é capaz de capturar as imagens corretamente, o que implica que o utilizador deve olhar para o ecrã durante o scan do paciente.</p>
Medit - i 700 (2021)	<p>- Compatível com a Apple.</p> <p>- O preço do armazenamento de</p>	<p>- Requer uma ligação online para funcionar, pelo que é necessária uma ligação estável à Internet (pode ser utilizada 44 dias offline antes de forçar uma ligação).</p>

	<p>impressões é irrisório: cerca de 1 euro por mês.</p> <p>- Só pode ser utilizado com USB C, sem um cabo de alimentação do próprio scanner: menos desordem.</p> <p>- Scanner de baixo custo, muito rápido, aplicações de software muito boas e em termos de digitalização rivaliza com scanners muito mais caros.</p> <p>- Boa alternativa para dentistas que apenas querem fazer impressões (desenho e fabrico externos).</p>	
<p>Medit - i600 (2021) - sucessor do i500</p>	<p>- Ideal para iniciar a medicina dentária digital.</p> <p>- Compatível com a Apple.</p> <p>- Preços atrativos com software eficiente.</p>	<p>- Em comparação com o i 700, é mais lento e não tem HD.</p>
<p>Align ® - iTero Element 5D (2019) / 5D Plus (2021) / 5D plus Lite (2021) / Element 2 (2018)</p>	<p>- Scanner rápido.</p> <p>- Muito bom simulador ortodôntico.</p> <p>- Um scan para: registo 3D, deteção de cárie e registo de cor.</p> <p>-Exclusivo para Invisalign®.</p> <p>- 5D Plus tem a melhor função de simulação ortodôntica</p>	<p>- Grande, pesado e bastante volumoso.</p> <p>- Subscrição anual.</p> <p>- Ponta de usa única.</p> <p>- Não HD para os 5D.</p> <p>- Se não se quiser trabalhar com o Invisalign, faltam aplicações para a sua utilização na medicina dentária.</p> <p>- O simulador ortodôntico é apenas um exemplo rápido do resultado (por vezes os resultados não são totalmente realizáveis ou menos estéticos), é uso para a motivação.</p>

	<p>(Invisalign® Outcome Simulator).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scan armazenado online no Myitero, dando acesso a ficheiros em qualquer lugar. - A subscrição iTero oferece garantias de substituição total para qualquer hardware defeituoso, armazenamento no cloud e acesso a todas as novas funcionalidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - O scanner mais antigo Elemento 2 é ainda menos eficiente do que a nova geração Elemento 5D e Elemento 5D Plus.
<p>Envista® - CS3800 (2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Em comparação com o CS3700: melhor campo de visão e melhor profundidade de campo (até 21mm). - Scanner a cores de alta qualidade. Isto graças à tecnologia patenteada de correspondência de cor Smart-Shade, que analisa mais dados do que outros scanners intra-orais e deteta automaticamente as cores de esmalte para identificar a cor ideal. - Scanner sem calibração. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sem deteção de cárie. - A estética durante o processo de digitalização parece inicialmente caricaturada e em definição relativamente baixa. Só depois o fim da numerização que vemos imagens muito bonitas. - Nenhum indicador do tempo de pré-aquecimento (a maioria dos outros scanners tem uma barra de progresso específica), é apenas uma vez na boca que se conhece. - O software tem funções básicos (desenho de modelos, desenho de linhas de terminação, sem desenho de sorrisos), dando-lhe uma desvantagem em comparação com outros scanners na mesma gama de preços.
<p>Envista® - CS3700 (2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Muito boa inteligência artificial (encontra facilmente o seu lugar após interrupção). - Scanner a cores de alta qualidade. Isto graças à tecnologia patenteada de correspondência de cor Smart-Shade, que 	<ul style="list-style-type: none"> - A estética durante o processo de digitalização parece inicialmente caricaturada e em definição relativamente baixa. Só depois o fim da numerização que vemos imagens muito bonitas. - Nenhum indicador do tempo de pré-aquecimento (a maioria dos outros scanners tem uma barra de progresso específica), é apenas uma vez na boca que se conhece.

	<p>analisa mais dados do que outros scanners intra-orais e deteta automaticamente as cores de esmalte para identificar a cor ideal.</p> <p>-Scanner sem calibração.</p>	<p>- O software tem funções básicas (desenho de modelos, desenho de linhas de terminação, sem desenho de sorrisos), dando-lhe uma desvantagem em comparação com outros scanners na mesma gama de preços.</p> <p>- Sem deteção de cárie.</p>
Dental Wings™ - Virtuo Vivo™ (2019)	<p>- Ergonómica única em forma de caneta, muito leve.</p>	<p>- Funciona bem apenas para restaurações imitárias.</p> <p>- Subscrição obrigatória</p> <p>- Sem grandes melhorias desde a sua criação (poucas aplicações).</p>
3Disc® - Heron IOS (2018)	<p>- Boa velocidade de aquisição, ergonómica e superleve (150 gramas).</p> <p>- Baixo custo.</p> <p>- Sem subscrição anual.</p>	<p>- A falta de aplicações de software em 2022 limita a sua utilização como uma simples numerização.</p>
Biotech Dental® - WOW® (2019)	<p>- Ergonomia única.</p> <p>- Baixo custo.</p>	<p>- Difícil para dentistas inexperientes porque: o software é atrasado durante a impressão e não retoma o último ponto muito rapidamente se for pausado durante a numerização.</p> <p>- Inteligência artificial média que nem sempre consegue eliminar artefactos (bochechas, línguas).</p> <p>- Não pode ser usado para pacientes desdentados.</p> <p>- Scanner só para a numerização, falta de aplicação, nenhum software de concepção.</p>
Launca - DL-206 (2020)	<p>- Baixo custo.</p> <p>- Sem subscrição.</p>	<p>- O scanner não apanha o último ponto muito rapidamente se o scanner perder o seu lugar.</p> <p>- A janela de digitalização é também relativamente pequena, o que significa que movimentos bruscos fazem com que o scanner perca o seu lugar.</p> <p>- Não recomendado para numerização das arcadas completas.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Nenhuma aplicação ou desenho de software.
<p>Runyes™ - 3DS (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo e leve. - Sem subscrição. - Boa inteligência artificial (monta bem as imagens). 	<ul style="list-style-type: none"> - A inteligência artificial tem alguma dificuldade em remover artefactos (língua, bochechas). - Scanner não adequado para numerização das arcadas completas e especialmente a numerização das arcadas desdentadas. - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção. - Sem Cloud, para enviar para o laboratório tem de transferir para uma Cloud de terceiros.
<p>Alliedstar® - AS 100 (2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Software intuitivo e moderno. - Durante a visualização em monocromático, a imagem é nítida e o detalhe da superfície é bom. - Scanner rápido. - Ergonómica. - Baixo custo. - Sem subscrição anual. - Armazenamento no Cloud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Durante a visualização em cores, as imagens são de baixa resolução, para visualizar corretamente as margens (linha de terminação) é melhor visualizar em monocromático. - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção.
<p>Fussen® - DentalLink S6000 (2020)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo. - Sem subscrição anual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Scanner de alta performance, mas atrasos na imagem no ecrã (software lento). - Scanner não adequado para numerização das arcadas completas e especialmente a numerização das arcadas desdentadas. - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção. - Software não moderno, a reprodução de cores é de baixa resolução.

Shinning 3D® - Aoralscan® 3 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Muito boa sincronização entre a numerização e a imagem no ecrã, e os artefactos são eliminados quase instantaneamente. - Baixo custo. - Detetor de cáries. - Sem subscrição anual. - Armazenamento gratuito no Cloud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção. - Não a velocidade mais rápida do mercado. - Scanner não adequado para numerização das arcadas completas e especialmente a numerização das arcadas desdentadas.
Eighteenth® - Helios 600 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> - Melhor velocidade do que outros scanners na mesma gama de preços. - Ergonómica. - Sem subscrição anual. 	<ul style="list-style-type: none"> - A inteligência artificial tem alguma dificuldade em remover artefactos (língua, bochechas). - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção (impossível de colocar a linha de terminação). - Modelo de cor de baixa resolução.
Pingtum - Panda P2 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo. - Sem subscrição anual. - Armazenamento gratuito no Cloud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Scanner não adequado para numerização das arcadas completas e especialmente a numerização das arcadas desdentadas. - Muito poucas aplicações de software e nenhum software de conceção (impossível de colocar a linha de terminação). - A inteligência artificial tem alguma dificuldade em remover artefactos (língua, bochechas).

2.8 Vantagens

- A leitura ótica é agora uma medição muito precisa (15 a 30 micron). Já foram publicados estudos comparando a precisão de diferentes sistemas e outros estão em curso, particularmente para arcos completos. Ao contrário da impressão tradicional, não requer processamento (manipulação de material) que é uma causa importante de distorção

potencial. Foram realizados vários estudos atuais para avaliar a exatidão dos scanners intraorais:

-Um estudo (in vitro) de Adam B. Nulty sobre nove scanners intraorais atuais mostrou que os scanners intraorais digitais podem capturar um arco completo fiável e reproduzível em pacientes dentados. (68)

- Um estudo de Yasser Haddadi, Golnosh Bahrami e Flemming Isidor para avaliar a precisão das digitalizações intraorais e impressões convencionais medidas em vários pontos numa única preparação de dentes concluiu: "À margem da preparação, os Trios® 3 tiveram um desempenho significativamente melhor do que a impressão convencional e outros scanners intraorais. CEREC Omnicam e CS3600 mostraram uma precisão semelhante na margem, mas melhor que a impressão convencional".(69)

- Outro estudo de Carla García-Cuesta, Vicente Faus-Llácer, Álvaro Zubizarreta-Macho, René Botello-Torres e Vicente Faus-Matoses realizado em 2021 para comparar a adaptação marginal de overlays de compósitos feitas com uma impressão de silicone e com um scanner intraoral concluiu que as impressões digitais para adaptação marginal obtêm melhores resultados do que as impressões convencionais. (70)

- Um estudo in vitro de Rani D'haese, Tom Vrombaut, Herman Roeykens e Stefan Vandeweghe em 2022 teve como objetivo avaliar a exatidão das impressões digitais de arcada completa em comparação com as impressões convencionais, quando são realizadas ao nível do dente ou do implante (próteses suportadas por implantes). A conclusão é que as impressões digitais para próteses suportadas por implantes de arcos completos podem ser tão precisas como as impressões convencionais, dependendo do scanner intraoral e do software. No geral, as impressões ao nível do pilar foram mais precisas do que a impressão ao nível do implante. No entanto, são necessários estudos in vivo para confirmar estes resultados.(71)

- A impressão digital virtual é inalterável ao longo do tempo. O seu armazenamento, em formato digital, permite a preservação ilimitada da aquisição original, desde que a cópia de segurança esteja protegida. (28)

- O seu arquivo não é materialmente incómodo. As ferramentas informáticas permitem o armazenamento de uma enorme quantidade de dados em pequenos suportes (discos rígidos, cartões SD, chaves USB, cloud...) (28)

- O scanner intraoral é ergonómico. De facto, os procedimentos de aquisição de dados na boca são muito curtos (alguns minutos) e tenderão a ser ainda mais curtos com a melhoria dos sistemas e a evolução da potência do computador. Se necessário, são sempre possíveis novas capturas em qualquer momento durante a sessão. Em comparação com os métodos tradicionais, estes procedimentos são menos restritivos para o doente, uma vez que as restrições impostas pelos materiais são eliminadas. Finalmente, a ergonomia do médico é melhorada, ele olha para o ecrã durante a impressão. A posição de trabalho é semelhante à de um procedimento sob um microscópio operacional e evita os problemas ergonómicos da visão direta na boca. (28)

- Além disso, o scanner intraoral é considerado mais confortável para o paciente, não induz reflexos de vomito ou uma sensação de asfixia. (72)

- O scanner intraoral facilita a comunicação com o paciente: ele tem uma visão da sua boca num ecrã. Isto torna possível explicar toda a técnica CAD/CAM ao paciente. Em termos de comunicação, é um excelente instrumento. (73)

- Poupança de tempo, não só durante o processo de impressão. No caso de CAD/CAM direto, o regresso do paciente a uma consulta posterior é evitado através da colocação da prótese na sessão. Em alguns casos, a prótese provisória já não é necessária.(28)

- O scanner intraoral permite uma clarificação da relação entre o médico e o técnico dentário. De facto, a qualidade da impressão e a sua usabilidade já não são discutíveis. A comunicação entre os dois profissionais pode mesmo ter lugar em tempo real graças à transmissão direta de dados através da Internet.(73)

- A impressão CAD/CAM pode mesmo ser considerada como tendo qualidades ecológicas. Evita a utilização de materiais consumíveis e a sua inevitável transformação em resíduos. Também elimina o transporte físico de impressões por veículos e as consequências ambientais associadas. Finalmente, estas economias ecológica traduzem-se em economias financeiras.(28,74)

- Erradica o vetor de contaminação infecciosa constituído pela impressão. (28)
- Também, ele permite a realização de modelos físicos positivos no laboratório. (75)

2. 9 Desvantagens

- A mudança para a utilização de um sistema de impressão numérica requer um certo investimento.(38)
- Quando se utiliza um scanner intraoral, os limites da preparação devem ser claramente visíveis. Para obter um registo ótimo, a margem de preparação e o sulco devem ser claramente visíveis. A presença excessiva de líquidos opacos ou brilhantes (sangue, saliva...) impede um bom registo. A realização de uma impressão por scanner intraoral obriga assim o médico a dominar perfeitamente a situação dos tecidos e o acesso ao limite cervical.(2)
- Alguns sistemas de scanner intraoral eram "fechados", exigindo que o médico trabalhasse com o mesmo fabricante em cada fase (impressão, conceção e fabricação). Isto significava que o equipamento e os materiais tinham de ser adquiridos à mesma empresa, fazendo da escolha do scanner um compromisso a longo prazo. No entanto, os fabricantes compreenderam claramente este problema e oferecem sistemas abertos que permitem ao praticante escolher o laboratório e as técnicas de produção. O grupo CEREC foi o último a permanecer com um sistema fechado até 2019. Com o lançamento do Primescan, a empresa abriu o sistema com este novo scanner. Atualmente o concurso é em software. Este é o caso do Invisalign®, que só está disponível para os scanners iTero. Forçar os ortodontistas a trabalhar exclusivamente com um scanner iTero. Duas empresas que há muito competem entre si tornaram-se parceiras: DentsplySirona® e 3Shape. Atualmente as impressões feitas com o TRIOS® podem ser utilizadas no software SureSmile Clear Aligners da Dentsply Sirona®, pelo que estas duas empresas estão a trabalhar em conjunto para fornecer uma solução de alinhamento dentário.(2,28,76)
- O scanner intraoral obriga o médico a assumir, em parte, um papel profissional adicional: o de técnico virtual. O termo "info-tecnico" aparece para definir esta função no CAD-CAM (é um termo que se destina essencialmente aos técnicos dentário). A impressão não se limita à aquisição de dados na boca: deve ser seguida de certos ajustamentos através do software antes de o ficheiro ser transferido para o centro de

fabricação. Além disso, no CAD-CAM direto, os materiais atualmente utilizados não têm qualidades estéticas suficientes para serem integrados diretamente após a usinagem. Requerem uma maquiagem ou um polimento mecânico que o médico deve realizar diretamente no consultório, o que complica a operação e faz com que o paciente espere na cadeira. (28)

- Relativamente as arcadas completas, o estudo de Adam B. Nulty in vitro mostram que no caso dos arcos dentados a impressão digital é fiável, outro estudo como o realizado em 2021 para Amornvit P, Rokaya D e Sanohkan S. (para comparar a precisão de 10 scanners) mostram que os scanners intraorais perdem precisão à medida que a distância aumenta (arcada completa).(41)

- A maioria dos estudos são realizados in vitro, a complexidade não é a mesma in vitro e in vivo (tecido mole, saliva, sangue, acessibilidade). Um estudo piloto em 2021 de Iturrate M, Amezua X, Garikano X e Solaberrieta E visa apresentar uma metodologia para avaliar a precisão das scanners intraorais in vivo. Uma bitola específica foi concebida, fabricado e medido numa máquina de medição tridimensional, obtendo-se distâncias e ângulos de referência. Depois, 10 digitalizações foram feitas por um scanner intraoral com a bitola na boca do paciente. A conclusão deste estudo piloto é que é possível analisar a precisão de um scanner in vivo usando um calibre e que a precisão pode ser medida para diferentes comprimentos de arco. Além disso, os resultados confirmam que a impressão digital mostrou uma menor precisão à medida que o comprimento do arco digitalizado aumenta. (77)

- Em 2020, um estudo de Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F e Bumann A. in vitro mostra que a luz ambiente influencia a precisão e o tempo de aquisição das impressões feitas pelos scanners intraorais. Para varrimentos de 4 elementos, o efeito não foi clinicamente relevante, mas para as numerizações das arcadas completas, a precisão e o tempo de numerização podem ser melhorados com iluminação apropriada. (78)

- Os scanners intraorais registam uma oclusão estática, dando a dimensão vertical em oclusão cêntrica. Assim, na boca, é necessário verificar os movimentos de lateralidades e de protrusão. A realização de grandes áreas é mais complexa com um simples scanner intraoral. Para os médicos que desejam melhorar a oclusão é possível utilizar um

articulador digital, o Zebris de Amann Girsch, que regista os planos oclusais do paciente, bem como pontos estéticos como a linha bipupilar e o plano sagital medial. É então integrado num articulador virtual (SAM, Denar ou Kavo®). Ou um sistema ainda mais eficiente: o 4D Modjaw (combinação de tecnologias 3D e técnicas de captura de movimento). Um conjunto de sensores é colocado no rosto e mandíbula do paciente. Uma câmara ótica infravermelha de alta precisão regista os movimentos da mandíbula do paciente nas três direções espaciais. O software reproduz estes movimentos gravados nos modelos STL do paciente.(2)

- Segundo o "*Clicking Clean*" publicado pela Greenpeace em 2017, o sector da informática é responsável por cerca de 7% do consumo global de eletricidade. Se a Internet fosse um país, seria o 3º maior consumidor mundial de eletricidade, depois da China e dos Estados Unidos. A omnipresença da tecnologia digital requer muita energia e consome recursos naturais não renováveis. A poluição digital e o seu impacto sobre o ambiente é equivalente à do sector da aviação. Este impacto é ainda mais importante com o número sempre crescente de utilizadores da Internet e a crescente necessidade de armazenamento de dados. Assim, o registo no *Cloud* é mais simples mas mais poluente.(79)

III. Conclusão

Assim, a ideia do scanner intraoral surgiu na década de 1970, com Bruce Altschuler em 1973 e a tese de François Duret sobre impressões óticas em 1974. No início do ano 2000, houve uma grande revolução com o aparecimento de sistemas abertos, o desenvolvimento de capacidades de software, o aparecimento de inteligência artificial e a multiplicação de sistemas.

Atualmente, o IOS está em plena expansão, já não é um simples dispositivo de impressão. O software integrado no scanner está equipado com inteligência artificial capaz de reproduzir a inteligência humana permitindo detetar artefactos, desenhar a linha de terminação, simular tratamentos ortodônticos, etc...

Embora o scanner intra-oral seja preciso, ergonómico, facilmente armazenável e mais confortável para o paciente, vimos que estes processos têm limitações que ainda não permitem a substituição total dos métodos convencionais.

Perde precisão no caso de numerização d'arcadas completas e não permite a oclusão dinâmica, em próteses removíveis ainda é dominado pelas técnicas convencionais enquanto nas próteses fixas já encontra um lugar importante.

Além disso, num mundo sustentável onde as emissões de carbono são um problema real, a poluição digital gerada por esta tecnologia parece surgir como um problema.

A revolução digital está, portanto, bem encaminhada na nossa área, mas temos de estar vigilantes porque não tem apenas lados positivos. De facto, esta revolução digital corre o risco de mudar a nossa prática e a relação que os dentistas têm com os técnicos de prótese dentária.

IV. Referências bibliográficas

1. Duret F. Un peu d'histoire... avant de parler d'aujourd'hui et de demain. Fil Entaire [Internet]. 2010; Available from: <https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/technofil/un-peu-dhistoire-avant-de-parler-daujourd'hui-et-de-demain/>
2. Makarami M, Petitpas L, Lacaule C. Transition numérique. Réussir la transformation digitale de son cabinet dentaire. 2021. (Parresia).
3. Duret F. Histoire et résumé sur ma thèse « empreinte optique » [Internet]. 2010. Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2021/11/document-10.pdf>
4. CNIF. Le guide de la CFAO dentaire [Internet]. 2009. Available from: http://cnifpd.fr/CNIFPD_v2/pdf/Guide_CFAO.pdf
5. Larousse. empreinte dentaire. In 2015. Available from: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/empreinte/29005>
6. Arcaute B, Nasr K. CFAO au cabinet dentaire : le matériel disponible en 2017. Fil Dent [Internet]. 2017 Mar; Available from: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-au-cabinet-dentaire-le-materiel-disponible-en-2017/>
7. L'hebdo de la santé bucco-dentaire. CFAO. Inf Dent [Internet]. 2007; Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/258-FD-2007-Information-dentaire-n%C2%B029.pdf>
8. Altschuler BR. Holodontology: An Introduction to Dental Laser Holography. [Internet]. SCHOOL OF AEROSPACE MEDICINE BROOKS AFB TEX; 1973 Mar [cited 2022 Mar 10]. Available from: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0758191>
9. Altschuler BR. Applications Of Interferometry And Optical Metrology In Dentistry. In: Herron RE, editor. San Diego; 1977 [cited 2022 Mar 11]. p. 40–6. Available from: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1226003>
10. Duret F. Empreinte optique. [Lyon]: Claude Bernard; 1974.
11. Moörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc [Internet]. 2006 Sep [cited 2022 Mar 8];137:7S-13S. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002817714652995>
12. Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in Dentistry. Dent Clin North

- Am [Internet]. 2011 Jul [cited 2022 Mar 8];55(3):559–70. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011853211000255>
13. Dianne Rekow, DDS, PhD. A Conversation with Dianne Rekow. Dent [Internet]. Available from: <https://www.aegisdentalnetwork.com/id/2012/10/a-conversation-with-dianne-rekow-dds-phd>
 14. Matra Datavision. Conception et fabrication de prothèses dentaires par ordinateur : une première mondiale avec le système de CFAO EUCLID. 1985; Available from: http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2021/11/190.FD_1985_-_Matra_Datavision_communique_Conception_et_fabi.pdf
 15. Tsotsos S. A Historical Perspective Of Tooth Preparation For CEREC Technology. Oral Health [Internet]. 2009 Mar 1; Available from: <https://www.oralhealthgroup.com/features/a-historical-perspective-of-tooth-preparation-for-cerec-technology/>
 16. Duret F. FDuret- Accueil. 2022; Available from: <http://francoisduret.com/Accueil/>
 17. Himanshu A, Varun K, Jyotsna S, Abhishek S. Computer Aided Designing-Computer Aided Milling in Prosthodontics: A Promising Technology for Future. 2014; Available from: <file:///Users/juliette/Downloads/ComputerAidedDesigning-ComputerAidedMilling.pdf>
 18. Jablow M. Closed, open, and selectively open CAD/CAM architecture: what does it mean? Dent IQ [Internet]. 2010; Available from: <https://www.dentistryiq.com/practice-management/industry/article/16365099/closed-open-and-selectively-open-cadcam-architecture-what-does-it-mean>
 19. Rohde J. Closed Vs. Open CAD/CAM – Selecting a Winner. Dentalcompare [Internet]. 2014; Available from: <https://www.dentalcompare.com/Blog/168897-Closed-Vs-Open-CAD-CAM-Selecting-a-Winner/>
 20. Landerwerlin O. Apports de la CFAO Dentaire. Fil Dent [Internet]. 2015; Available from: <https://www.lefildentaire.com/articles/analyse/materiel/apports-de-la-cfao-dentaire/>
 21. Jeannin V. 3M-LAVA-COS. Fil Dent [Internet]. 2011 May; Available from: https://www.lefildentaire.com/images/stories/Clinique/Technologies/lfd63_lavacos.pdf
 22. Nos dix meilleurs scanners intra-oraux de 2019 - CEREC Digest [Internet]. [cited 2022 Feb 3]. Available from: <https://www.cerecdigest.net/2019/06/03/our-top->

ten-intraoral-scanners-of-2019/

23. Bonnaure-Mallet M. Dispositifs médicaux et progrès en santé buccodentaire. *Innov Technol Médicales* [Internet]. 2018; Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/361-FD-.2018.comident.SNITEM-Sante-bucco-dentaire-Web.pdf>
24. Pelissier B, Duret F. Les nouvelles technologies IOS (caméras intra-orales) en 2019-2020. *Technol Dent* [Internet]. 2020; Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/364-FD-2019-digital-T-Dent.pdf>
25. Gupta A, Kumar N, Singh K. CAD/CAM - Uma revolução na protodontia. *Nosso Conhecimento*. 2021.
26. Duret F. Les différentes technologies en 2017. *Technol Dent* [Internet]. 2017; Available from: http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/349-FD-.2017.Duret_-techno-en-2017.pdf
27. Várady T, Martin RR, Cox J. Reverse engineering of geometric models—an introduction. *Comput-Aided Des* [Internet]. 1997 Apr [cited 2022 Sep 11];29(4):255–68. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010448596000541>
28. Descamp F, Fages M. *La CFAO en odontologie, les bases, les principes et les systèmes*. Éditions CdP. 2016.
29. Samama Y, Ollier J. *La prothèse ceramo-céramique et implantaire : Système Procera®*. Quintessence International. 2002.
30. Descamp F, Schittly J. *Pratique de l’empreinte en prothèse fixée - Du pilier naturel à l’implant, des techniques classiques à la CFAO* [Internet]. Editions CdP. 2012. Available from: <https://www.decitre.fr/livres/pratique-de-l-empreinte-en-prothese-fixee-9782843611766.html>
31. Pelissier B, Duret F. *Différentes méthodes d’empreinte en CFAO dentaire*. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), [Internet]. 2010; Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/283.2010.cadcam.article.108.EMC-publi.28-38844.pdf>
32. Prof. La lumière blanche [Internet]. *Physique et Chimie*; 2017. Available from: <https://webphysique.fr/lumiere-blanche/>
33. Futura Sciences. *Laser: qu’est ce que c’est?* 2020; Available from: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-laser-1989/>
34. Ting-shu S, Jian S. *Intraoral Digital Impression Technique: A Review: Intraoral*

- Digital Impression Review. *J Prosthodont* [Internet]. 2015 Jun [cited 2022 May 9];24(4):313–21. Available from:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.12218>
35. Cazier S, Moussally C. Descriptif des différents systèmes d’empreinte optique. 2013; Available from:
https://www.sop.asso.fr/admin/documents/ros/ROS0000336/Rev_Odont_Stomat_2013_42_p107-118.pdf?v1.1
36. KRAVITZ N, GROTH C, JONES P, GRAHAM J, REDMOND R. Intraoral Digital Scanners. OVERVIEW [Internet]. 2014; Available from:
<http://www.kravitzorthodontics.com/assets/pdfs/Intraoral-Digital-Scanners.pdf>
37. Wenliang G. Parallel Mode Confocal System for Wafer Bump Inspection. Available from: <https://gradebuddy.com/doc/491140/parallel-mode-confocal-system-for-wafer-bump-inspection/>
38. Al-Hassiny A. Intraoral Scanner Reviews from IDS 2021 + IOS Market Update [Internet]. 2022. Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/intraoral-scanner-reviews-from-ids-2021-ios-market-update/>
39. Al-Hassiny A. Review of the intraoral scanners at IDS 2019. [Internet]. 2019. Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ids-2019/review-of-the-intra-oral-scanners-at-ids-2019/#>
40. 25 Most Popular Intraoral 3D scanners of 2021 (for Most People) [Internet]. [cited 2022 Feb 3]. Available from: <https://bimedis.com/top/dental-imaging-equipment-intraoral-3d-scanners>
41. Amornvit P, Rokaya D, Sanohkan S. Comparison of Accuracy of Current Ten Intraoral Scanners. Grassia V, editor. *BioMed Res Int* [Internet]. 2021 Sep 13 [cited 2022 Jun 21];2021:1–10. Available from:
<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2021/2673040/>
42. Comparaison des scanners intra-buccaux : Lequel est le plus adapté à votre cabinet dentaire ? - Distributeur de matériel dentaire - Dentaltix [Internet]. [cited 2022 Feb 3]. Available from: <https://www.dentaltix.com/fr/blog/comparaison-des-scanners-intra-buccaux-lequel-est-le-plus-adapte-votre-cabinet-dentaire>
43. Al-Hassiny A. iDD Compares Expensive vs. Affordable IOS: 3Shape TRIOS 4 vs. DentaLink S6000, 3DISC Heron IOS, Medit i700, and Launca DL-206P. 2022; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/idd-compares/idd-compares-expensive-vs-affordable-ios-3shape-trios-4-vs-dentalink-s6000-3disc-heron-ios-medit>

i700-and-launca-dl-206p/

44. Al-Hassiny A. TRIOS 4 Review – Is it the best intraoral scanner on the market? 2020; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/trios-4-intra-oral-scanner-review/>

45. Al-Hassiny A. Three Leading CAD/CAM Scanners and Mills Compared. 2018; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/three-leading-cad-cam-scanners-and-mills-compared/>

46. Fussen. S6000 [Internet]. Available from: <http://fussengroup.com/website/kousao-S6000car.html>

47. Pingtum. Panda-scanner.com [Internet]. Available from: <https://panda-scanner.com/fr/news/sino-dental-x-panda-p2-intraoral-scanner/>

48. Pingtum. Panda P2 [Internet]. Available from: <https://pingtum.com/product/panda-2/>

49. Al-Hassiny A. New Carestream Dental Intraoral Scanner Announced – the CS 3800. 2021; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/new-carestream-intraoral-scanner-announced-cs-3800/>

50. Al-Hassiny A. iTero Element 2 Scanner vs 3Shape TRIOS Scanner. 2018; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/itero-element-2-scanner-vs-3shape-trios-scanner/>

51. Align. iTero [Internet]. Available from: https://www.aligntech.com/solutions/itero_scanner

52. Al-Hassiny A. iDD Intraoral Scanner Price Guide. 2022; Available from: https://online.instituteofdigitaldentistry.com/courses/take/idd-intraoral-scanner-price-guide/pdfs/32019473-idd-intraoral-scanner-price-guide-pdf?utm_source=ActiveCampaign&utm_medium=email&utm_content=Access+Your+Intraoral+Scanner+Price+Guide%2C++FIRSTNAME+%21&utm_campaign=member

53. Medit. i700 [Internet]. Available from: <https://www.medit-i700.fr/>

54. Medit. i600 [Internet]. Available from: <https://www.medit.com/dental-clinic-i600>

55. 3Disc. HERON IOS [Internet]. Available from: <https://3disc.com/>

56. Eighteeth. Helios600 [Internet]. Available from: <https://www.eighteeth.com/Digital-Impressions/71.html>

57. Al-Hassiny A. Helios 600 Intraoral Scanner Review – a release by Eighteeth. 2022; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/helios-600->

intraoral-scanner-review/

58. Al-Hassiny A. Fussen / DentaLink S6000 Intraoral Scanner Review – Low-Cost Chinese IOS. 2021; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/fussen-dentalink-s6000-intraoral-scanner-review/>

59. Launca. DL-206 [Internet]. Available from: <https://launcadental.com/intraoral-scanner>

60. Al-Hassiny A. CEREC Primescan and Primemill Review – the leader in chairside CAD/CAM. 2021; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/cerec-primescan-and-primemill-review/>

61. Shinning 3D. Aoralscan 3 [Internet]. Available from: <https://www.shining3ddental.com/solution/aoralscan-3/>

62. Al-Hassiny A. AlliedStar AS 100 Intraoral Scanner Review – the best Chinese low-cost scanner? 2022; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/alliedstar-as100-intraoral-scanner-review/>

63. Al-Hassiny A. 3Shape Unite Review – the new App Store & Platform by 3Shape. 2022; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/3shape-unite-review-the-new-app-store-by-3shape/>

64. Al-Hassiny A. 3Shape Release a New Subscription-Free Option for TRIOS Scanners. 2021; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/3shape-release-a-new-no-subscription-option-for-trios-scanners/>

65. Runyes. 3DS [Internet]. Available from: <https://www.runyes.eu/fr/produit-numerique/30-dentisterie-numerique.html>

66. Dental Wings. Virtuo Vivo [Internet]. Available from: <https://dentalwings.com/fr/virtuovivo/>

67. BiotechDental. WOW [Internet]. Available from: <https://wow-scan.com/fr/>

68. Nulty AB. A Comparison of Full Arch Trueness and Precision of Nine Intra-Oral Digital Scanners and Four Lab Digital Scanners. *Dent J* [Internet]. 2021 Jun 23 [cited 2022 Jun 16];9(7):75. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6767/9/7/75>

69. Haddadi Y, Bahrami G, Isidor F. Accuracy of Intra-oral Scans Compared to Conventional Impression in Vitro. *Prim Dent J* [Internet]. 2019 Sep [cited 2022 Jun 16];8(3):34–9. Available from:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1308/205016819827601491>

70. García-Cuesta C, Faus-Llácer V, Zubizarreta-Macho Á, Botello-Torres R, Faus-Matoses V. A comparison of the marginal adaptation of composite overlays fabricated

with silicone and an intraoral scanner. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2021 [cited 2022 Jun 21];e473–8. Available from:

<http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/aop/58140.pdf>

71. D’haese R, Vrombaut T, Roeykens H, Vandeweghe S. In Vitro Accuracy of Digital and Conventional Impressions for Full-Arch Implant-Supported Protheses. *J Clin Med* [Internet]. 2022 Jan 25 [cited 2022 Jun 21];11(3):594. Available from:

<https://www.mdpi.com/2077-0383/11/3/594>

72. Moussally C, Cazier S, Attal JP. L’empreinte optique. *entretiens de Bichat*. 2010;

73. Rigal J. Optimisation de la communication entre le chirurgien-dentiste et le prothésiste dentaire grâce au numérique. UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE; 2017.

74. Strom J. Going (unintentionally) green: The unexpected bonus of switching to CAD/CAM and same-day dentistry. *CAD/CAM international Magazine of Digital Dentistry* [Internet]. 2015; Available from: <https://us.dental-tribune.com/news/going-unintentionally-green-the-unexpected-bonus-of-switching-to-cadcam-and-same-day-dentistry/>

75. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* [Internet]. 2008 May [cited 2022 Sep 11];204(9):505–11. Available from:

<http://www.nature.com/articles/sj.bdj.2008.350>

76. Al-Hassiny A. Dentsply Sirona and 3Shape announce Strategic Partnership. 2021; Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/dentsply-sirona-and-3shape-announce-strategic-partnership/>

77. Iturrate M, Amezua X, Garikano X, Solaberrieta E. Use of measuring gauges for in vivo accuracy analysis of intraoral scanners: a pilot study. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2021 [cited 2022 Jun 21];13(4):191. Available from:

<https://jap.or.kr/DOIx.php?id=10.4047/jap.2021.13.4.191>

78. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021 Jun [cited 2022 Jun 21];125(6):924–31. Available from:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391320302390>

79. Greenpeace. Clicking clean. 2017; Available from:

<https://www.greenpeace.org/international/publication/6826/clicking-clean-2017/>