

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O PLANEAMENTO DE REABILITAÇÕES ORAIS UTILIZANDO UM ARTICULADOR VIRTUAL

Trabalho submetido por
João Pedro Filipe Freitas
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O PLANEAMENTO DE REABILITAÇÕES ORAIS UTILIZANDO UM ARTICULADOR VIRTUAL

Trabalho submetido por
João Pedro Filipe Freitas
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor José Alexandre Reis

setembro de 2023

Dedicatória

“Run until you can’t run anymore, and then run again. Constant effort is life’s greatest shortcut”.

Morikawa, Jyoji

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi o culminar dos últimos 5 anos, assim, gostaria de agradecer a algumas das pessoas que partilharam ou fizeram parte deste caminho.

Ao meu orientador, Prof. Doutor José Alexandre Reis, por toda a disponibilidade, sabedoria partilhada e profissionalismo, tanto em contexto clínico como também na orientação do projeto final de curso, sem o qual este trabalho não teria sido realizado.

Aos meus pais, pela santa paciência, sempre com a boa vontade de ajudar e de me inspirar a continuar o meu percurso. Por me proporcionarem um teto para dormir, comida para sobreviver, inicialmente um passe para deslocar e mais tarde um carro para me dar algum descanso. Foram capazes de fornecer uma qualidade de vida pela qual estarei para sempre em dívida.

Ao David, Pedro, Guilherme e João, melhores amigos e colegas de casa, que me aturaram desde o infantário até aos dias de hoje, entre festas e noites de estudo sem dormir, foi sempre de chorar a rir.

Aos meus colegas da universidade, que se tornaram grandes amizades, foram capazes de proporcionar uma experiência académica sem igual. Tornaram os meus dias uma comédia autêntica e sem dúvida estes cinco anos os melhores até então. Passo então a citar: ao meu grupo desde o 1º ano Alex, Tânia e Micaela, com a inclusão do Pedro e da Maryana; ao grupo dos míticos jantares com a Inês, Mariana Rui, Sandro, Laura, Sofia, Marta e Leo; aos companheiros de tese com Marco e Carolina.

Aos meus colegas da Clínica e Laboratório PMF, pela inclusão no ambiente de trabalho, pela convivência, apoio e conhecimento partilhado ao longo dos anos.

Com especial agradecimento aos meus colegas de Box Andrea e Jorge Apolinário, pelos ensinamentos de vida que me proporcionaram no dia-a-dia da clínica com profissionalismo e comédia à mistura.

Por fim, ao meu avô, que me recebe todos os fins-de-semana com as mesmas piadas à antiga e comentários à sportinguista. Um agradecimento pelo companheirismo e amizade desde o dia que cheguei.

Resumo

O articulador é um dispositivo mecânico que simula as articulações temporomandibulares, a mandíbula e a maxila. Os modelos superiores e inferiores das arcadas dentárias do paciente são montados neste dispositivo para simular alguns ou todos os movimentos mandibulares.

Devido à impossibilidade de o paciente estar presente em todas as fases do estudo (diagnóstico, planejamento e execução laboratorial dos trabalhos), os articuladores foram criados com o objetivo de auxiliar os profissionais na pesquisa, no estudo, na análise funcional das relações estáticas e dinâmica, na oclusão dentária, na articulação temporomandibular e na confecção de próteses dentárias dentro da complexidade do aparelho estomatognático.

Vários modelos de articuladores foram criados para estas finalidades, sendo que esta variedade de modelos torna possível a seleção de um instrumento que satisfaça, dentro de limitações específicas, as necessidades clínicas de cada caso.

Com a atual tendência para medicina dentária digital, o “*digital clinician*” deve perceber como implementar e manusear um articulador digital na prática diária.

No campo da medicina dentária reabilitadora e restauradora, o articulador digital apresenta aplicações da realidade virtual no mundo da prática clínica para a análise do complexo estático e dinâmico das relações oclusais.

O articulador virtual tem a capacidade de simular movimentos específicos de mastigação do paciente. O programa prevê os locais onde os dentes oponentes vão estar em contato. É de referir que, sem os dados específicos do paciente inseridos no programa, um articulador digital vai ter o mesmo comportamento que um articulador tradicional.

Estudos feitos para verificar a veracidade do articulador virtual apresentam correspondência positiva na simulação do número e posições dos contactos dinâmicos dos dentes. É um instrumento preciso para a análise da oclusão em pacientes, podendo ajudar o profissional a estabelecer um diagnóstico e planejar a melhor opção de tratamento.

Palavras-chave: Articulador Digital; Reabilitação; Articulador Mecânico; Oclusão Virtual

Abstract

The articulator is a mechanical device that replicates the temporomandibular joints, the mandible and the maxilla. The upper and lower models of the patient's dental arches are mounted on this device to simulate some or all the mandibular movements.

Due to the impossibility of the patient to be present in all phases of the study (diagnosis, planning and laboratory execution of the work), the articulators were created with the objective of assisting the professionals in the research, in the study, in the functional analysis of the static and dynamic relationships, in the dental occlusion, in the temporomandibular joint and in the confection of dental prostheses within the complexity of the stomatognathic apparatus.

Several articulator models have been created for these purposes, and this variety of models makes it possible to select an instrument that meets, within specific limitations, the clinical needs of each case.

With the current trend towards digital dental medicine, the "*digital clinician*" should understand how to implement and handle a digital articulator in its daily practice.

In the field of rehabilitative and restorative dental medicine, the digital articulator presents applications of virtual reality in the world of clinical practice for the analysis of the static and dynamic complex of occlusal relationships.

The virtual articulator can simulate specific mastication movements of the patient. The program predicts the locations where the opposing teeth will be in contact. It should be noted that without the specific patient data inserted in the program, a digital articulator will have the same behavior as a traditional articulator.

Several studies to verify the veracity of the virtual articulator show positive correspondence in the simulation of the number and positions of dynamic contacts of teeth. It is an accurate instrument for occlusion analysis in patients and can help the professional establish a diagnosis and plan the best treatment option.

Keywords: Digital Articulator; Rehabilitation; Mechanical Articulator; Virtual Occlusion

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	15
II. DESENVOLVIMENTO.....	17
1. Conceitos básicos sobre a oclusão e a reabilitação oral	17
1.1. Introdução à anatomia	19
1.2. Articulação temporomandibular (ATM)	19
1.3. Movimentos mandibulares.....	21
1.3.1. Abertura e encerramento.....	22
1.3.2. Lateralidade	22
1.3.3. Protusão e retrusão	23
1.4. Anatomia dentária/disposição	24
1.4.1. Ângulos cuspídeos.....	24
1.4.2. Cúspides guias.....	25
1.4.3. Plano oclusal.....	25
1.4.4. Curvas oclusais	25
1.4.5. Ângulo de Bennett	26
2. Articuladores – O que são e para que servem.....	27
2.1. Classificação dos Articuladores.....	29
2.1.1. Classe I ou verticuladores	29
2.1.2. Classe II	30
2.1.3. Classe III ou articulador semi-ajustável.....	30
2.1.4. Classe IV ou articulador totalmente ajustável.....	32
2.1.5. Classe V ou Articulador Digital	32
2.1.5.1 Articulador Digital Totalmente Ajustável.....	34
2.1.5.2. Articulador Digital de Simulação Matemática	37
2.2. Seleção do Articulador	38
3. Tecnologias e <i>softwares</i> auxiliares na reabilitação oral.....	40

3.2. Sistemas de rastreamento do movimento mandibular	42
3.3. Sistemas de análise oclusal.....	45
4. Transferência dos dados do doente para o digital.....	47
4.1. Método indireto	47
4.2. Método direto.....	49
5. Planeamento digital.....	51
5.1 Enceramento de diagnóstico	51
5.2. <i>Mock-up</i>	54
5.3. Restaurações Provisórias	55
5.4. Planeamento de implantes	56
5.5. Planeamento em pacientes com DTM.....	58
5.5.1. Meios complementares de diagnóstico.....	58
5.5.2. Quando proceder á reabilitação	60
5.5.3. Como planear.....	60
6. Resultados obtidos	60
6.1. <i>Workflow</i> digital.....	60
6.2. Articuladores digitais	62
7. Perspetivas futuras	64
III. CONCLUSÃO.....	67
IV. BIBLIOGRAFIA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Aparelho estomatognático e as suas áreas anatómicas. Imagem Original.....	17
Figura 2 – Fossa articular e côndilo mandibular (Calamita, 2022).	20
Figura 3 - Diagrama de Posselt, representa as posições e os limites do movimento da mandíbula no plano sagital (Calamita, 2022).	22
Figura 4 - Movimento debordante lateral esquerdo registado no plano horizontal (Okeson, 2020).	23
Figura 5 – Movimentos debordantes antero-posteriores (guia de desocclusão anterior) (Okeson, 2020).	24
Figura 6 – Curva de Spee (Okeson, 2020).	25
Figura 7 – Curva de Wilson (Okeson, 2020).	26
Figura 8 - Articulador mecânico (Calamita, 2022).	28
Figura 9 - Arco facial Bio-Art, retirado de: https://bioart.com.br/	29
Figura 10 – Verticulador e articulador classe II.	30
Figura 11 - (A) Articulador Arcon; (B) Articulador não-Arcon (Calamita, 2022).	31
Figura 12 – Articulador Semi-Ajustável (A) e Articulador Totalmente Ajustável (B) (Calamita, 2022)	32
Figura 13 - Primeiro articulador virtual (Bisler et al., 2002).	33
Figura 15 - Articuladores Hanau H2 e Ivoclar Stratos 2000 (Solaberrieta et al. 2009).	34
Figura 15 - Processo de modelação de Ivoclar Startos 2000 e Hanau H2 (Solaberrieta et al. 2009).	34
Figura 16 - Interface do articulador virtual DentCAM (contactos oclusais [esquerda], vias do côndilo [sagital e horizontal, direita]) (Gärtner & Kordass, 2003).	35
Figura 17- Modjaw® a registar a cinemática mandibular no plano frontal e plano sagital (Marta Revilla-Leon et al., 2023).	36
Figura 18 - Modjaw® a calcular e visualizar colisões nos movimentos mandibulares (Marta Revilla-Leon et al., 2023).	36
Figura 19 - Articulador digital de simulação matemática desenvolvido por Szentpétery (Adam Szentpétery, 1997).	37
Figura 20 - Pontos anatómicos para o articulador virtual (Desenho de Ohm 1982; Maggetti 2015). Triângulo de Bonwill (triângulo verde); plano oclusal (plano cinzento e linha amarela); "a" corresponde ao braço direito e esquerdo do triângulo de Bonwill; "b" à base do triângulo; "h" à altura; "B" ao ângulo de Balkwill; "pi" no ponto médio do	

bordo incisal; "pm" até a ponta da cúspide distolingual do segundo molar e "pc" até o centro do côndilo (Ohm & Silness, 1982).	38
Figura 21 - Scanner Intraoral Prime Scan (ótico) (retirado de: https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html).	41
Figura 23- Trajeto condilar utilizando registros oclusais de protrusão (Naqash et al., 2020).	42
Figura 24- Traçado pantográfico com o Cadiax Compact® montando na face de um participante (Naqash et al., 2020).	43
Figura 25 - Método radiográfico para medir a orientação horizontal do côndilo (Shreshta et al., 2012).	44
Figura 26 - Dispositivo Arcus Digma® que registra o movimento mandibular com uma JMA (Kim et al., 2019).	44
Figura 27 - Sistemas de análise oclusal T-scan (TekScan) (A) e OccluSense (Bausch) (B) (Marta Revilla-Leon et al., 2023).	45
Figura 28 - Sistemas de análise oclusal computadorizada. (A) T-scan da Tekscan. (B) OccluSense da Bausch (Marta Revilla-Leon et al., 2023).	46
Figura 29 - Scanner de laboratório Zirkonzahn retirado de: https://zirkonzahn.com/...	48
Figura 30 - (A) Leitura através de scanner digital intraoral representativo articulado na posição de MI usando i700 IOS (Marta Revilla-Leon et al., 2023). (B) Arco Facial digital (imagem retirada de https://www.amanngirrbach.com).	49
Figura 31 - Articulador virtual ajustado ao côndilo direito e esquerdo, polo medial e orbital importado juntamente com os dados da leitura através de scanner do modelo e dados da tomografia computadorizada de feixe cônico sobrepostos (Park et al., 2021).	50
Figura 32 - Combinação dos modelos digitalizados com as imagens 3D do scanner facial retirado de https://zirkonzahn.com/	50
Figura 33 - Enceramento de diagnóstico digital do 2º sextante, retirado de: https://www.styleitaliano.org/	52
Figura 34 - Enceramento digital do setor posterior, retirado de: https://zirkonzahn.com/	54
Figura 35 - Enceramento de diagnóstico digital (Rosmaninho et al., 2022).	54
Figura 36 - Guia de desgaste realizada por uma impressora 3D (Marques et al., 2022)	55
Figura 37 - Planeamento digital de colocação de implantes, retirado de: https://www.planmeca.com/	56
Figura 38 - Anatomia da ATM analisada numa RM	59

Figura 39 - Representação de uma eletromiografia realizada nos masséterse e temporais registrada pelo Teethan® (Saracutu et al., 2023).	59
Figura 40 – Todos os passos do workflow digital (Coachman et al., 2021)	61
Figura 41- Sumário dos passos para a montagem do Articulador virtual. IOS = intraoral scanning; DLS = desktop laser scanning; Ceph = cephalometric analysis; CBCT = cone beam computed tomography; VA = virtual articulator; MS = mathematically simulated; CA = completely adjustable (Lepidi et al., 2021).	62
Figura 42 - Hipótese para a disposição do rastreador magnético mandibular (Jucevičius et al., 2021)	64
Figura 43 - Set-up experimental para teste do sistema (Jucevičius et al., 2021).....	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de softwares CAD	53
Tabela 2 - Exemplos de softwares especializados para planeamento cirúrgico.	57

LISTA DE ABREVIATURAS

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

ATM – Articulação Temporomandibular

CAD - Computer-Aided Design

CAM – Computer-Aided Manufacturing

CBCT - Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

DTM - Disfunção Temporomandibular

EMG - Eletromiografia de Superfície

IA - Inteligência Artificial

ICP - Interactive Closest Point

IMU - Unidades de Medição de Inércia

JMA – Jaw Movement Analyser

MI – Máxima Intercuspidação

RC – Relação Centrica

RM - Ressonância Magnética

STL - Standard Triangle Language

TP - Traçado Pantográfico

I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os desenvolvimentos tecnológicos revolucionaram o mundo da medicina dentária e abriram caminho para evolução nas áreas clínica e laboratorial. As potenciais aplicações da realidade virtual em medicina dentária continuam a evoluir, no entanto foram feitos muitos avanços (Özdemir et al., 2021).

A realidade virtual, que se trata de uma simulação da realidade onde é gerado um lugar artificial para substituir o mundo real, tem demonstrado uma enorme utilidade em procedimentos clínicos e laboratoriais. O impacto na investigação, planeamento, desenvolvimento e fabrico de soluções orais foi impressionante e também inesperado. Além disso, uma combinação de programas virtuais que permitem trabalhar com um paciente virtual, melhorou o ensino e a formação dada aos estudantes de medicina dentária através da simulação de situações clínicas reais (Özdemir et al., 2021).

A reabilitação oral é uma área que compreende várias fases: estudo, planeamento, eventual colocação de implantes, preparação dentária, confeção de restaurações provisórias, impressões, etapas laboratoriais, diferentes provas e cimentação da restauração. Para um planeamento e execução adequados do trabalho no laboratório, é essencial a reprodução das estruturas dentárias e das suas relações estáticas e dinâmicas, tanto com os tecidos moles como com a articulação temporomandibular (ATM) (Urzal, 2009).

O fluxo de trabalho mais tradicional na clínica envolve a produção de modelos de gesso e a realização de radiografias a duas dimensões (2D). Todo o planeamento é, assim, baseado na comunicação com o laboratório utilizando os modelos físicos e a elaboração do trabalho manualmente (Blatz & Conejo, 2019).

O fluxo de trabalho digital, também conhecido como *digital workflow*, compreende a reprodução que é obtida principalmente através de programas informáticos, que permitem visualizar os modelos orais num computador, e a relação dos modelos com um articulador digital (Urzal, 2009).

Dependendo da complexidade do planeamento e/ou da reabilitação, a reprodutibilidade pode ser exigida em maior ou menor grau. Como resultado, são utilizados diferentes tipos de programas. Nos últimos anos, devido aos avanços

tecnológicos e às crescentes exigências dos médicos dentistas, estes têm sofrido adaptações significativas (Urzal, 2009). O trabalho num ambiente virtual melhora o diagnóstico e o tratamento, reduzindo também o tempo despendido em cada procedimento. Uma vez que a prática clínica implica a recolha de uma grande quantidade de dados, a utilização de computadores no consultório dentário e no laboratório de prótese tornou-se comum e indispensável (Solaberrieta et al., 2015).

Neste ambiente, o articulador digital/virtual completa o conjunto de ferramentas digitais e fornece a capacidade de considerar a biomecânica mandibular específica do paciente (Bisler et al., 2002). O objetivo é simular as condições reais do paciente de forma mais precisa e com menos erros, reduzindo assim o tempo de consulta, aumentando o conforto do paciente e a eficiência do tratamento (Díaz et al., 2021). Também facilita o trabalho do técnico de prótese dentária e a transferência de informações. O técnico utiliza esta ferramenta para ajudar na confecção de restaurações indiretas. Numerosas inovações tecnológicas e, finalmente, a introdução da tecnologia digital na medicina dentária tornaram o trabalho dos profissionais de hoje mais fácil, mais preciso e mais rápido (Díaz et al., 2021).

Com este trabalho pretende-se revisitar a literatura e descrever as alternativas digitais disponíveis para a obtenção de registos, posicionamento e articulação virtual de modelos e também exemplificar o *software* que permite a implementação destas tecnologias no trabalho diário do médico dentista.

A revisão é baseada em artigos científicos selecionados a partir dos resultados de uma pesquisa nas bibliotecas online PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Conceitos básicos sobre a oclusão e a reabilitação oral

A forma e função do sistema mastigatório é dinâmica, compreende uma das áreas básicas e mais importantes do estudo na medicina dentária. Com os avanços dos procedimentos, dos materiais dentários e da consciencialização dos pacientes, sobre a importância da saúde oral e da qualidade na saúde geral, anuncia-se uma nova era na medicina dentária (Dawson, 2007).

O aparelho mastigatório é um sistema extremamente complexo e inter-relacionado com músculos, ossos, ligamentos, dentes e nervos. A mandíbula é um osso que está unido ao crânio por ligamentos e músculos. Quando os músculos elevadores (o masséter, o pterigóideu medial e o temporal) contraem, elevam a mandíbula de tal forma que o contacto feito resulta numa força aplicada ao crânio em três localizações: nas duas ATMs e nos dentes. Uma vez que estes músculos têm a capacidade de exercer forças pesadas, o dano que pode ocorrer nestes três locais é elevado. Assim, estas localizações precisam de ser examinadas com atenção para determinar a relação ortopédica ideal que irá prevenir, minimizar ou eliminar qualquer colapso ou trauma entre as estruturas referidas (Dawson, 2007).

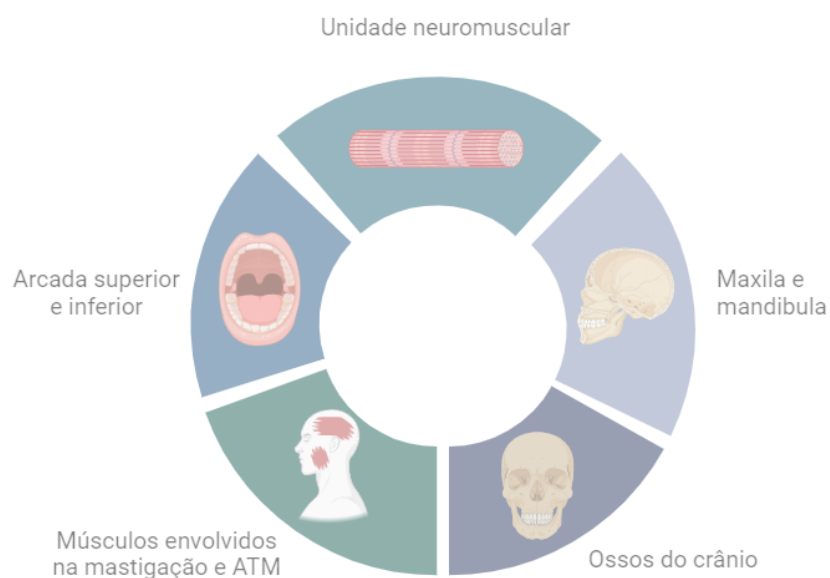


Figura 1 - Aparelho estomatognático e as suas áreas anatômicas. Imagem Original

Devido a esses fatores, a oclusão está sujeita a alterações e a remodelações adaptativas ao longo da vida, em vez de ser um estado anatómico fixo. Tendo em conta este facto, a investigação sobre a oclusão tem como objetivo estudar a variabilidade da oclusão normal, permitindo o conforto funcional, a estabilidade e a estética (Şoaita & Popşor, 2011).

“Oclusão dentária refere-se ao ato de encerramento das arcadas dentárias, de acordo com as relações dos dentes superiores e inferiores”. A fala, a mastigação, a deglutição e a estética estão intimamente relacionadas com a oclusão. Esta apresenta um papel funcional, está em constante modificação e remodelação adaptativa durante toda a vida. Em reabilitação oral, há um especial interesse para a determinação da oclusão estática e da oclusão dinâmica, que devem estar correlacionados com a anatomia das articulações temporomandibulares (Şoaita & Popşor, 2011).

A primeira descrição das relações oclusais dos dentes foi feita por Edward Angle, em 1899. A oclusão tornou-se um tópico de interesse e de muita discussão nos primeiros anos da Medicina Dentária moderna, à medida que o conceito de restauração e reabilitação se tornavam cada vez mais viáveis. O primeiro conceito significativo desenvolvido para descrever a oclusão funcional ótima, foi chamado de oclusão equilibrada. Este conceito preconizava que os contactos dentários fossem bilaterais e que se mantivessem em equilíbrio durante todos os movimentos de lateralidade de protusão (Okeson, 2020).

A oclusão equilibrada foi desenvolvida principalmente para próteses totais, com a intenção de que esse tipo de contato estabilizaria as bases da prótese durante o movimento mandibular. O conceito foi amplamente aceite e, com os avanços nos instrumentos e na tecnologia dentária, foi transferido para a área de prótese fixa (Okeson, 2020).

O conceito de oclusão individual dinâmica surgiu mais tarde, no final da década de 70. Este conceito centra-se na saúde e função do sistema mastigatório e não numa configuração oclusal específica. Este afirma que se as estruturas do sistema mastigatório estiverem a funcionar eficientemente e sem patologia, a configuração oclusal é considerada fisiológica e aceitável, independentemente dos contactos dentários específicos. Portanto, nenhuma mudança na oclusão é indicada (Okeson, 2020).

A questão que a medicina dentária enfrenta atualmente torna-se evidente quando um doente se apresenta para tratamento com sinais e sintomas de patologia oclusal. O médico dentista deve determinar qual a causa desta patologia e qual é a oclusão menos suscetível de produzir efeitos patológicos para o paciente durante um período mais prolongado? Qual é a oclusão funcional ótima? Embora existam muitos conceitos, o estudo da oclusão é complexo, pelo que estas questões ainda não foram respondidas de forma satisfatória e não são universalmente aceites (Okeson, 2020).

No entanto, é importante realçar que as chaves para se obter resultados previsíveis nos tratamentos foram defendidas em trabalhos anteriores e enfatizam que a estética não precisa vir em detrimento da função ideal (Dawson, 2007).

1.1. Introdução à anatomia

Existem 32 dentes permanentes na dentição humana. Cada dente tem duas partes fundamentais: uma coroa, visível acima das gengivas, e uma raiz, embutida e rodeada pelo osso alveolar. A raiz está ligada ao osso alveolar por um grande número de fibras de tecido conjuntivo que se estendem desde a superfície do cimento da raiz até ao osso. Os dentes estão distribuídos uniformemente no osso alveolar maxilar e mandibular (Okeson, 2020).

A arcada maxilar é tipicamente maior do que a arcada mandibular. Como resultado, os dentes maxilares geralmente cobrem os dentes mandibulares nos planos horizontal e vertical durante a oclusão. Cada grupo dentário é altamente especializado para a sua função (Okeson, 2020).

A relação exata dos dentes inter-arcadas e intra-arcada é extremamente importante e influencia fortemente a saúde e a função do aparelho mastigatório (Okeson, 2020).

1.2. Articulação temporomandibular (ATM)

A zona de articulação entre a mandíbula e o osso temporal do crânio é conhecida como ATM e é considerada uma das articulações mais complexas do corpo humano, sendo classificada como uma articulação bicôndilo-meniscartrose-conjugada (Zagalo et al., 2010).

A ATM é formada pelo côndilo mandibular e pela cavidade glenóide do osso temporal em que se insere (Okeson, 2020). No entanto, estas duas superfícies articulares não se podem relacionar diretamente, devido à sua conformação morfológica incompatível, pelo que a sua relação é conseguida através do disco articular. O disco atua como um amortecedor durante os movimentos mandibulares (Rouvière & Delmas, 2005).

Esta é a única articulação sinovial do crânio, tendo um papel crucial na mastigação, deglutição, paladar, fala e respiração, com um importante destaque no processo oclusal (Zagalo et al., 2010).

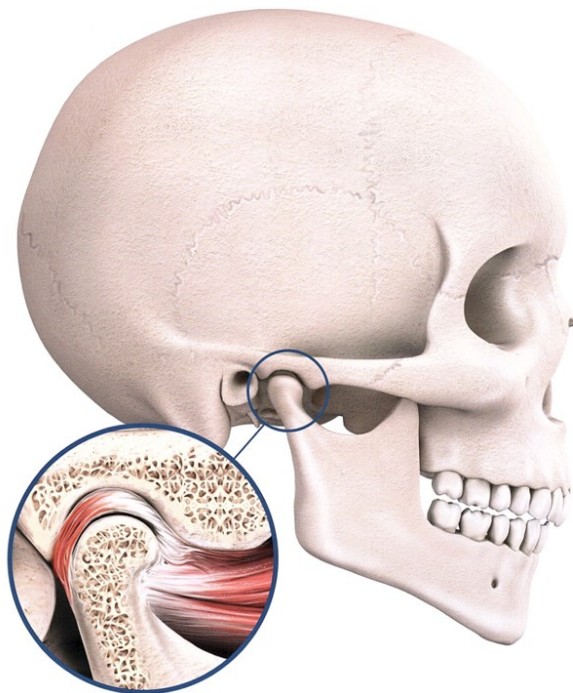


Figura 2 – Fossa articular e côndilo mandibular (Calamita, 2022).

O termo "oclusão" é vago e provavelmente tem interpretações diferentes para prostodontistas, periodontologistas, ortodontistas e cirurgiões orais. Foi definido como a relação entre os dentes do maxilar superior e os dentes do maxilar inferior quando estão em contacto funcional durante a atividade da mandíbula (Milosevic, 2003).

O ponto de partida para qualquer caso de estudo da oclusão é a definição de duas posições condilares: a Máxima Intercuspidação (MI) e a Relação Centrica (RC), nunca menosprezando a relação entre elas (Milosevic, 2003).

Segundo o Glossário de Termos Prostodonticos:

A RC trata-se de uma relação maxilomandibular, independente do contato dentário, na qual os côndilos articulam na posição antero-superior contra as vertentes posteriores das eminências articulares. Nesta posição, a mandíbula fica restrita a um movimento de rotação pura. A partir dessa relação fisiológica, o paciente pode realizar movimentos verticais, laterais ou protrusivos. É uma posição de referência clinicamente útil e repetível (Ferro, 2017).

A MI corresponde à intercuspidação completa dos dentes com os seus oponentes independentemente da posição condilar, sendo muitas vezes referida como a posição em que os dentes se encontram em melhor relação de intercuspidação independentemente da posição do côndilo. Esta trata-se de uma posição unicamente dentária e não articular (Ferro, 2017).

1.3. Movimentos mandibulares

Existem seis tipos de movimentos mandibulares: abertura, encerramento, translação da mandíbula para a direita, translação da mandíbula para a esquerda, protrusão e retrusão. As variações no movimento da mandíbula possibilitam a mastigação de alimentos com diferentes texturas e consistências (Sivam & Chen, 2023).

Os movimentos condilares durante a mastigação são complexos. No total, as ações condilares dentro das articulações temporomandibulares têm dois movimentos básicos: rotação e translação. A rotação pode-se descrever como a torção da cabeça do côndilo em torno de um eixo vertical, horizontal e sagital. A translação refere-se ao deslizamento da cabeça do côndilo relativamente ao disco intra-capsular (Sivam & Chen, 2023).

1.3.1. Abertura e encerramento

A abertura da boca consiste inicialmente numa rotação pura do côndilo de aproximadamente 20 a 25 milímetros (mm). Após este movimento inicia-se a translação, que compreende 40 mm da abertura. O encerramento reproduz os mesmos movimentos, porém no sentido inverso, iniciando com a translação e terminando com a rotação do côndilo da mandíbula (Biasotto-Gonzalez, 2005).

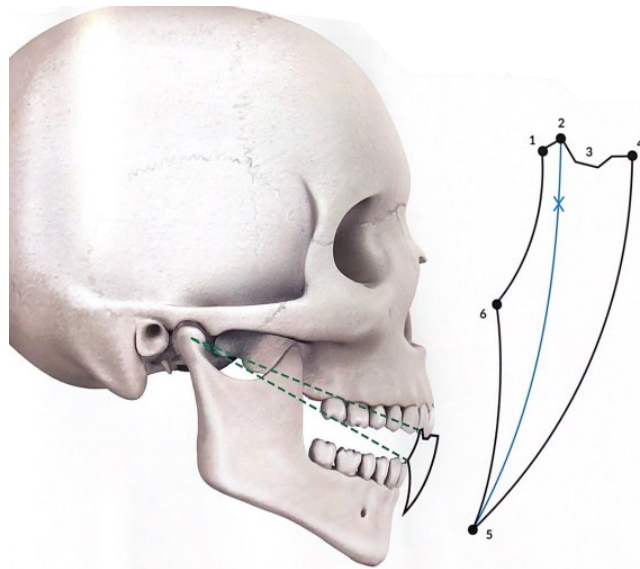


Figura 3 - Diagrama de Posselt, representa as posições e os limites do movimento da mandíbula no plano sagital (Calamita, 2022).

1.3.2. Lateralidade

No caso dos movimentos de lateralidade, o côndilo de trabalho (côndilo do lado a que o movimento se dirige) encontra-se em rotação sobre si mesmo, sem fazer deslocamento lateral. O côndilo de não trabalho, localizado do lado oposto, irá realizar apenas um movimento de translação, para a frente, para baixo e para dentro, acompanhando o movimento mandibular de lateralidade (Dupas, 2012).

No início dos movimentos de lateralidade ocorre um fenómeno chamado deslocamento lateral imediato da mandíbula ou *immediate side shift* que se trata de um movimento lateral dos côndilos. Verificou-se que o grau de deslocamento lateral imediato da mandíbula pode variar entre doentes e bilateralmente dentro de cada doente (Preiskel & Goldstein, 2021).

A posição do côndilo na parte superior da fossa mandibular é o ponto de partida do movimento. De seguida, este realiza um movimento para fora do seu centro, no plano

frontal, fazendo depois um movimento lateral instantâneo, antes de girar sobre si mesmo (Dupas, 2012).

O ponto final é a interação topo a topo das cúspides vestibulares do pré-molar e do molar. A direção do movimento depende da anatomia da fossa mandibular do indivíduo (Dupas, 2012).

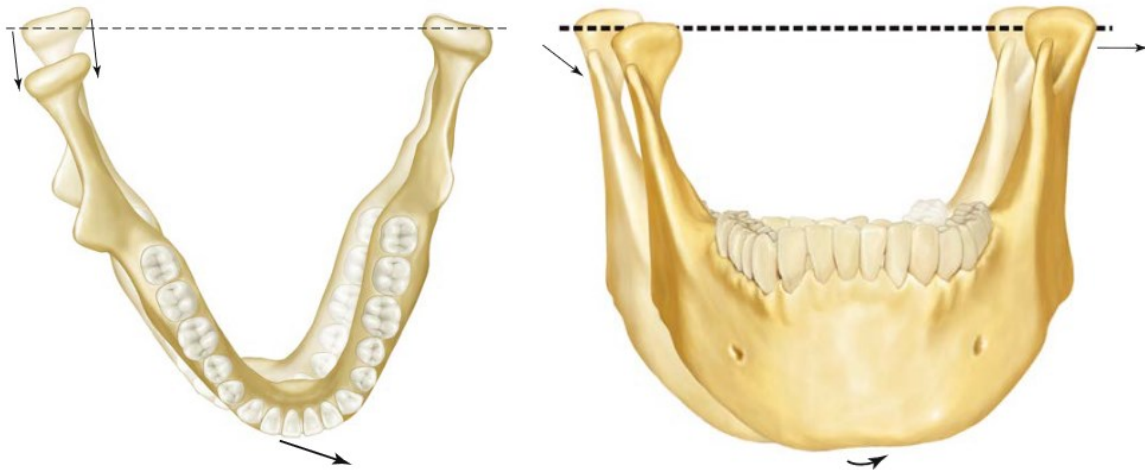


Figura 4 - Movimento debordante lateral esquerdo registado no plano horizontal (Okeson, 2020).

1.3.3. Protusão e retrusão

Durante os movimentos de protrusão, os côndilos mandibulares efetuam um movimento de translação, de trás para a frente, no plano sagital relativamente às vertentes anteriores da fossa mandibular. O côndilo no ponto mais superior da fossa mandibular é o ponto de partida e o ponto final corresponde à posição topo a topo dos incisivos (Dupas, 2012).

A retrusão é semelhante à protrusão, mas no sentido inverso. Começando na interação topo a topo dos incisivos e terminando na posição mais posterior da fossa mandibular. A morfologia da fossa mandibular de cada indivíduo determina o movimento do côndilo (Dupas, 2012).

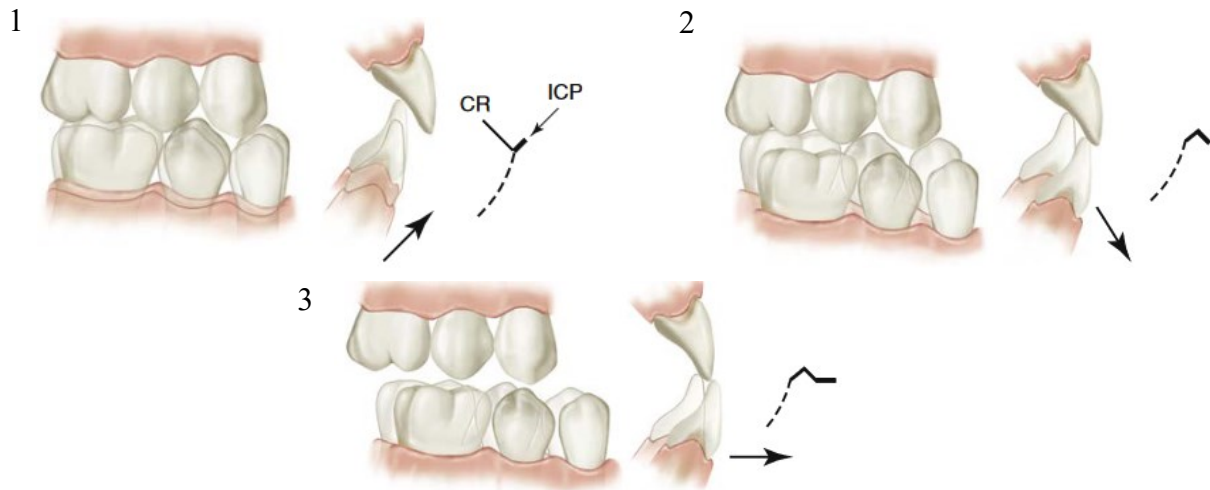


Figura 5 – Movimentos debordantes antero-posteriores (guia de desocclusão anterior) (Okeson, 2020).

1.4. Anatomia dentária/disposição

A disposição dentária e a oclusão são extremamente importantes para a função mastigatória. As atividades básicas de mastigação, deglutição e fala dependem não só da posição dos dentes nas arcadas dentárias, mas também da relação dos dentes opostos quando estes são colocados em oclusão (Okeson, 2020).

É evidente que os dentes anteriores e posteriores funcionam de forma bastante diferente. Os dentes posteriores são eficazes na absorção das forças que ocorrem quando a boca está fechada. A absorção destas forças é devida, principalmente, à posição dos dentes na arcada, que permite que a força seja direcionada através dos longos eixos, ocorrendo uma eficiente dissipação da força. Por outro lado, os dentes anteriores estão normalmente posicionados num ângulo labial, numa posição adequada para aceitar as forças dos movimentos mandibulares excêntricos (Okeson, 2020).

1.4.1. Ângulos cuspídeos

O ângulo cuspídeo é formado pela intersecção das vertentes de uma cúspide com um plano que atravessa a ponta da cúspide e é perpendicular à bissetriz da cúspide (Dupas, 2012).

1.4.2. Cúspides guias

As cúspides vestibulares da maxila e a cúspides linguais da mandíbula são chamadas de cúspides-guia. Os planos oclusais internos opostos a essas cúspides são chamados de planos-guia inclinados, pois guiam as cúspides de suporte para fora da linha média durante os movimentos de contacto. Assim, existem os planos inclinados vestibulo-oclusais dos dentes posteriores maxilares e os planos inclinados ocluso-linguais dos dentes posteriores mandibulares (Santos, 2005).

1.4.3. Plano oclusal

O plano oclusal é um plano imaginário que contém os bordos incisais dos incisivos centrais inferiores e as pontas das cúspides dos segundos molares inferiores. As superfícies oclusais das arcadas dentárias geralmente estão em conformidade com superfícies curvas. A arcada mandibular geralmente tem uma conformação com uma ou mais superfícies aparentemente côncavas, enquanto a arcada maxilar tem uma curvatura aparentemente convexa (Santos, 2005).

1.4.4. Curvas oclusais

A curva de Spee é definida no plano sagital pela curva da concavidade superior a partir do topo da cúspide do canino mandibular, seguindo a linha dos pontos vestibulares das cúspides dos pré-molares e molares inferiores (Lynch & McConnell, 2002). As cúspides e os bordos incisais dos dentes tendem a ser curvas, quando vistas de lado. Se a curva de Spee for muito pronunciada, pode indicar a existência de obstáculos ao movimento funcional (Santos, 2005).

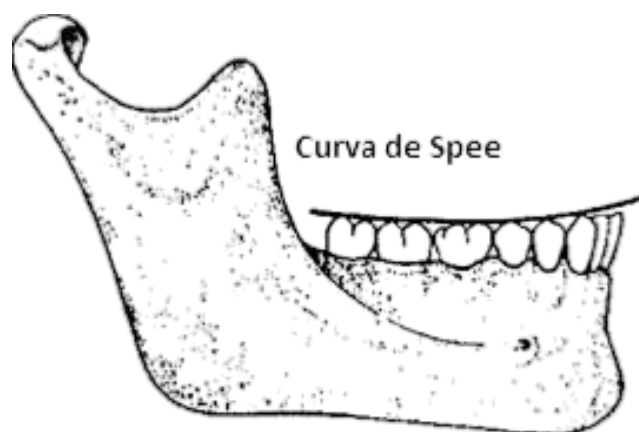


Figura 6 – Curva de Spee (Okeson, 2020).

A curva de Wilson é definida no plano frontal pela curva da concavidade superior que passa pelas cúspides vestibular e lingual dos molares. Existe uma curva de Wilson para cada par de dentes homólogos, denominadas "curvas de Wilson", que são cada vez mais profundas na região dos molares (Salaorni & Palla, 1994). Essa curva muda do primeiro para o terceiro molar com o desgaste da dentição. Numa dentição não desgastada, a curva de Wilson nos primeiros molares inferiores é côncava para os dentes inferiores, enquanto numa dentição desgastada, a curva torna-se convexa (Santos, 2005).

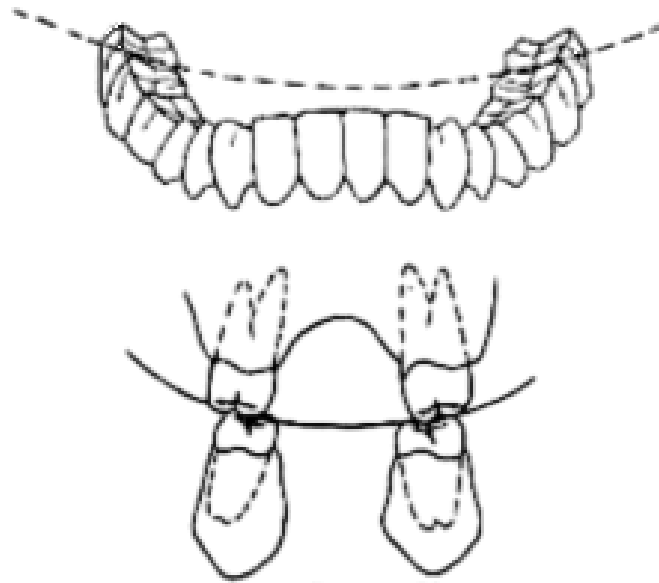


Figura 7 – Curva de Wilson (Okeson, 2020).

1.4.5. Ângulo de Bennett

Segundo o Glossário de Termos Prostodonticos, este ângulo formado entre o plano sagital e o trajeto médio do côndilo de não trabalho durante os movimentos laterais da mandíbula, visto no plano horizontal (Ferro, 2017).

A medição do ângulo de Bennett permite identificar a posição das cúspides, a orientação dos sulcos principais dos dentes posteriores e a concavidade das superfícies palatinas dos dentes anteriores superiores e dos caninos (Cimić et al., 2016).

2. Articuladores – O que são e para que servem

No início do século XX, o estudo da oclusão teve um grande progresso com a inclusão dos articuladores (Şoaita & Popşor, 2011). Um articulador é definido como um dispositivo mecânico que representa a ATM e a mandíbula, ao qual podem ser acoplados modelos de gesso da maxila e da mandíbula para simular alguns ou todos os movimentos mandibulares. Os movimentos da mandíbula ocorrem em redor da ATM, que é capaz de efetuar movimentos de grande complexidade (Pramod et al., 2008).

São essenciais na prática dos técnicos de prótese dentária e tornaram-se uma ferramenta indispensável para os médicos dentistas no diagnóstico e planeamento da reabilitação (Julio & Neto, 2017).

Possibilitam, aos médicos dentistas, realizar o estudo das relações oclusais entre as arcadas e detetar interferências oclusais prejudiciais, em modelos de gesso, permitindo o planeamento de ajustes oclusais a serem realizados no paciente. Permitem, também, a realização de enceramentos de diagnóstico, o planeamento e o fabrico de próteses dentárias fixas e removíveis, a concepção de tratamentos ortodônticos e cirurgias ortognáticas e a criação de restaurações indiretas em harmonia com os demais componentes do aparelho estomatognático (Solaberrieta et al., 2010).

A montagem em articulador permite realizar uma análise funcional ao pormenor do padrão oclusal do paciente, recolhendo dados que devem ser interpretados em conjunto com outros sinais e sintomas presentes no sistema estomatognático, para se ponderar se o paciente vai beneficiar da alteração do padrão oclusal presente e, ainda, determinar *timing* do tratamento. Vários aspetos oclusais podem ser analisados com os modelos montados como: o alinhamento do plano oclusal, a magnitude e a direção de desvios mandibulares horizontais e verticais provenientes de contactos prematuros e a eficácia das guias funcionais (Calamita, 2022).

Apesar dos seus benefícios clínicos e dos resultados positivos representado em estudos sobre a sua utilização, ainda existe uma percentagem significativa de profissionais que não utilizam articuladores na sua rotina clínica, afetando a qualidade do diagnóstico, o planeamento e a fiabilidade do tratamento dentário (Calamita, 2022).

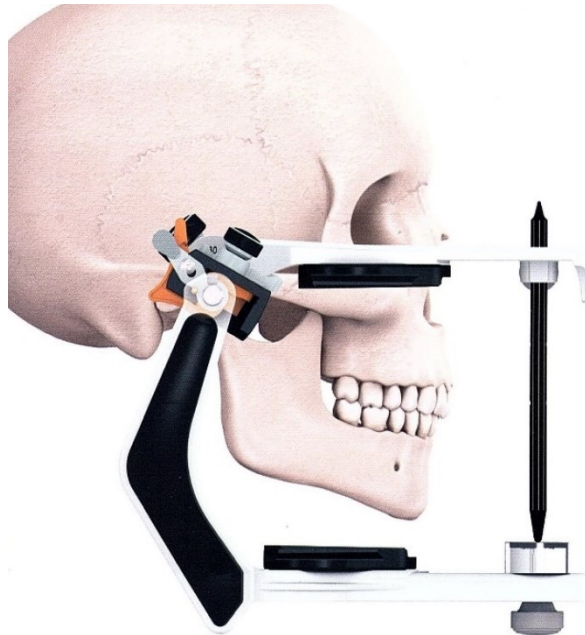


Figura 8 - Articulador mecânico (Calamita, 2022).

Outro instrumento essencial para um correto planeamento e diagnóstico, muitas vezes negligenciado pela falta de compreensão do seu manuseamento e utilidade, é o arco facial. Na prática clínica atual, o procedimento de montagem dos modelos de estudo em articulador com o auxílio de um arco facial é considerado indispensável (Solaberrieta et al., 2010).

O arco facial é um instrumento cujo objetivo é transferir os dados funcionais e anatómicos do paciente para o articulador, especificamente, o posicionamento espacial tridimensional das relações existentes entre a maxila e a base do crânio, o plano oclusal e o eixo de rotação da mandíbula (Nagy & Goldstein, 2019). A reprodução do eixo de rotação é um requisito essencial, uma vez que a precisão de todas as outras relações maxilo-mandibulares que queremos simular dependem deste ponto de partida (Dawson, 2007). Assim, permite a montagem do modelo da arcada superior, para que estabeleça a correta relação com o eixo de abertura mandibular (Julio & Neto, 2017).

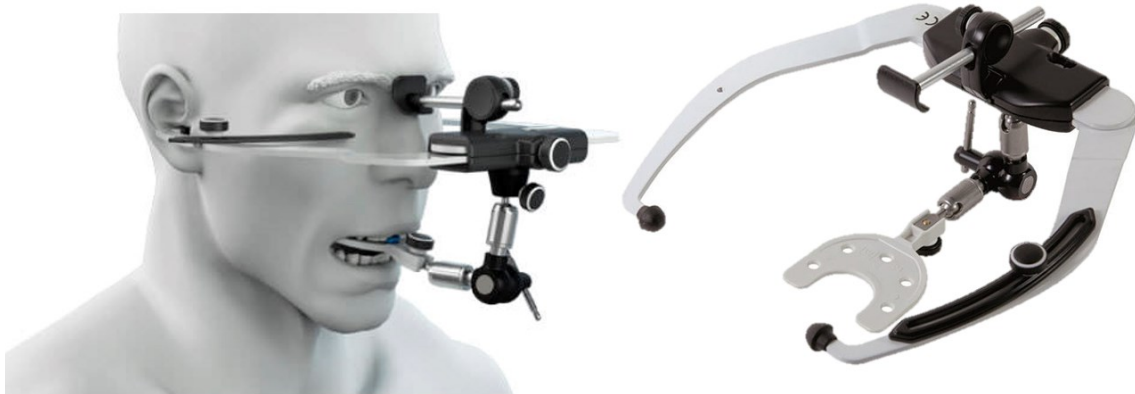


Figura 9 - Arco facial Bio-Art, retirado de: <https://bioart.com.br/>.

2.1. Classificação dos Articuladores

Durante este período de inovação foram fabricados vários exemplares de articuladores. Nos dias de hoje, os articuladores mais recentes melhoraram em termos de praticidade, funcionalidade e precisão, tanto na sua construção, como no seu funcionamento. Porém, existem muitas diferenças entre eles: o ajuste, o custo, a possibilidade de fixar o arco facial, a sua versatilidade, etc. (Solaberrieta et al., 2010).

Existem atualmente cinco classes distintas de articuladores:

- Classe I ou verticuladores;
- Classe II;
- Classe III ou articuladores semi-ajustáveis;
- Classe IV ou articuladores totalmente ajustáveis;
- Classe V ou articuladores digitais.

2.1.1. Classe I ou verticuladores

Caracterizado como um instrumento para a fixação simples, capaz de aceitar apenas o registo estático, ao permitir unicamente movimentos verticais de abertura e encerramento, apresentando um arco de encerramento que não corresponde ao do ser humano (Julio & Neto, 2017). Pode criar alterações clínicas relevantes nos contactos cênicos e na direção dos sulcos e das vertentes nas restaurações indiretas, levando a ajustes oclusais em boca (Calamita, 2022).

2.1.2. Classe II

Este instrumento já permite o movimento horizontal (lateralidade) e vertical (abertura e encerramento). Contudo, não orienta o movimento das articulações temporomandibulares, nem aceita a orientação dos modelos pelo arco facial, por essa razão, não é recomendado (Goldstein & Goodacre, 2023; Julio & Neto, 2017).



Figura 10 – Verticulador e articulador classe II.

2.1.3. Classe III ou articulador semi-ajustável

Permite a simulação do movimento da guia condilar usando registos intraorais ou valores médios para todo ou parte do movimento (Goldstein & Goodacre, 2023). São dispositivos que podem ser personalizados com os registos faciais do paciente capturados pelo arco facial, de modo a orientar os modelos consoante o eixo de abertura e encerramento individual (Julio & Neto, 2017).

As principais limitações dos articuladores semi-ajustáveis são as inclinações das trajetórias condilares, que são reproduzidas em linha reta, e a distância intercondilar, que não é totalmente ajustável, ao ser apenas regularizada em pequena (P/S/1), média (M/2) e grande (G/L/3) (Julio & Neto, 2017).

Estes articuladores podem ser subdivididos em ARCON ou não-ARCON.

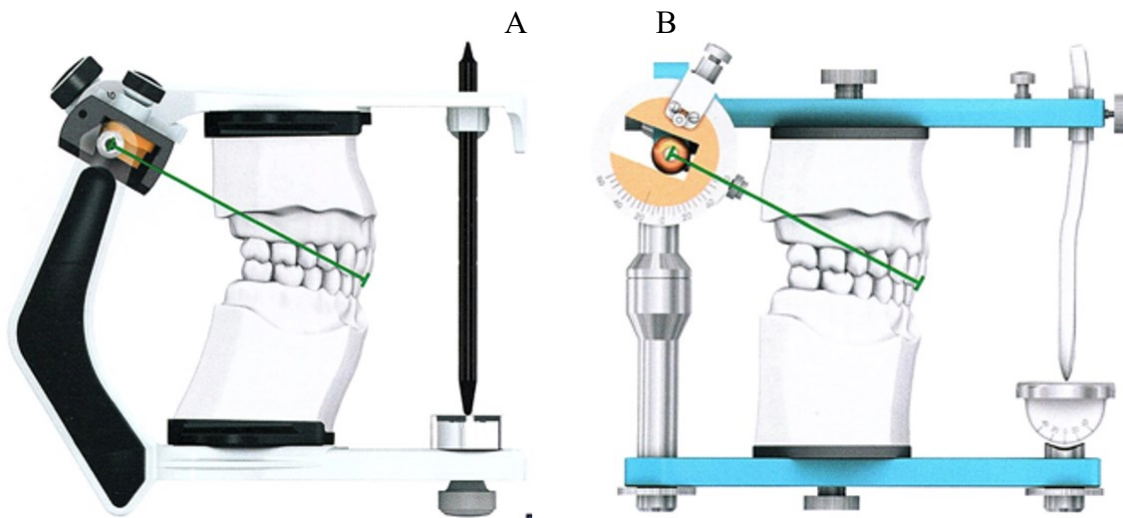


Figura 11 - (A) Articulador Arcon; (B) Articulador não-Arcon (Calamita, 2022).

ARCON é um acrônimo para as palavras ARticular e CONdyle. Um articulador ARCON tem os elementos do trajeto condilar ligados ao membro superior e as esferas que representam os côndilos no membro inferior, enquanto o articulador não-ARCON tem os elementos condilares ligados ao membro superior e os elementos do trajeto condilar no membro inferior (Goldstein & Goodacre, 2023).

Até à data não existem estudos que demonstrem diferenças significativas nos resultados de diagnóstico ou de planejamento, porém sugere-se o uso dos articuladores ARCON, em detrimento dos não-ARCON, devido às semelhanças com as condições fisiológicas do paciente (Calamita, 2022).

2.1.4. Classe IV ou articulador totalmente ajustável

É um articulador que aceita registos dinâmicos tridimensionais, exige o registo das relações intermaxilares em RC e registo com arco facial. Articuladores deste tipo reproduzem todas as características dos movimentos mandibulares, como a inclinação e a trajetória condilar, sendo a distância intercondilar totalmente ajustável (Goldstein & Goodacre, 2023). Em questão de *design* estes articuladores são considerados ARCON, porém são aparelhos de custo relativamente alto e exige conhecimento alargado para ser manuseado corretamente (Julio & Neto, 2017). Este acarreta uma menor quantidade de ajustes clínicos após a cimentação das peças (Calamita, 2022).

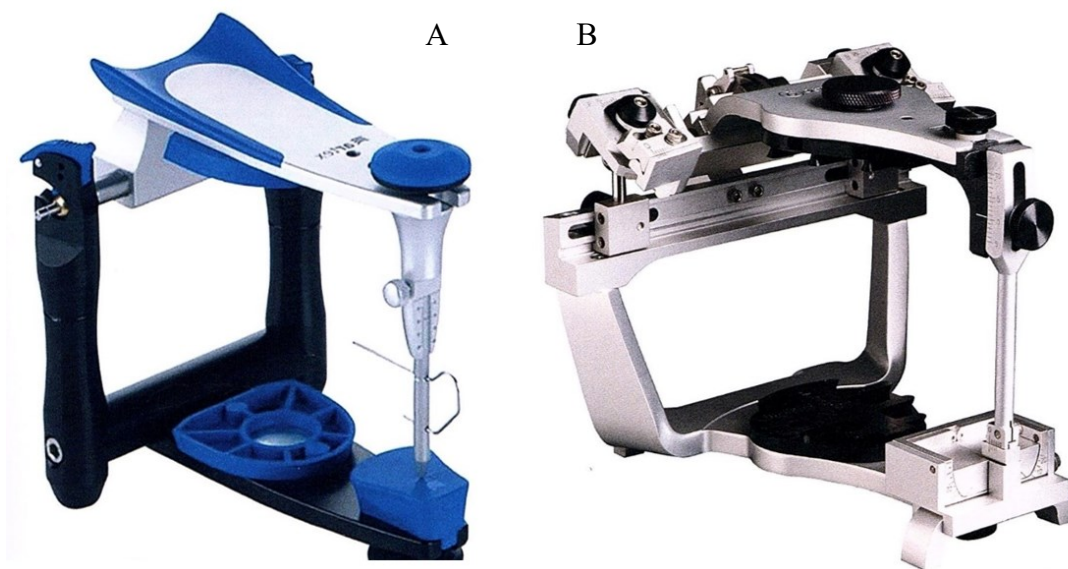


Figura 12 – Articulador Semi-Ajustável (A) e Articulador Totalmente Ajustável (B) (Calamita, 2022)

2.1.5. Classe V ou Articulador Digital

O articulador transita de um dispositivo mecânico para uma alternativa virtual denominada de articulador digital. Trata-se de um instrumento que se apresenta como uma ferramenta em *softwares* de análise, de modo a reproduzir a relação entre os maxilares num ambiente virtual (Lepidi et al., 2021).

Historicamente, a primeira descrição de um articulador digital foi realizada por Szentpétery, no final da década de 1990 (Adam Szentpétery, 1997), contudo o primeiro articulador virtual foi introduzido em 2002, com o trabalho de Bisler e da sua equipa da Universidade de Greifswald, Alemanha (Bisler et al., 2002). Com o objetivo de ajudar os médicos dentistas a ultrapassar as limitações das técnicas analógicas tradicionais associadas ao articulador mecânico (Lepidi et al., 2021). Esta ferramenta oferece

diferentes configurações, como os ângulos de Bennett, dependendo do dispositivo escolhido, a inclinação condilar, a translação lateral imediata da mandíbula e movimentos mastigatórios. Os movimentos de excursão protrusivas ou laterais podem ser ajustados, a oclusão é estudada como estática e dinâmica, sendo apresentada a cores para facilitar a visualização e interpretação (Flügge et al., 2022).

Durante a primeira década dos anos 2000, os esforços centraram-se no desenvolvimento de *softwares* com articuladores virtuais integrados, com base nos articuladores manuais existentes, permitindo aos dentistas e técnicos de prótese dentária escolher o articulador ideal para cada paciente (Díaz et al., 2021).

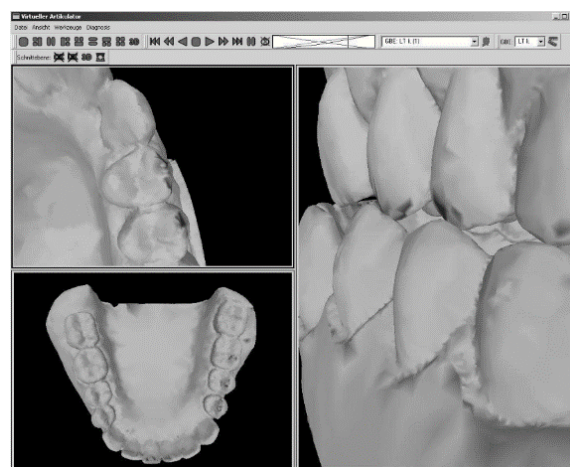


Figura 13 - Primeiro articulador virtual (Bisler et al., 2002).

Em 2010, Solaberrieta desenvolveu um articulador virtual através de engenharia inversa dos articuladores tradicionais Hanau H2 e Ivoclar Stratos 2000, conseguindo gerar réplicas em três dimensões (3D) num ambiente digital (Solaberrieta et al., 2010).



Figura 15 - Articuladores Hanau H2 e Ivoclar Stratos 2000 (Solaberrieta et al. 2009).

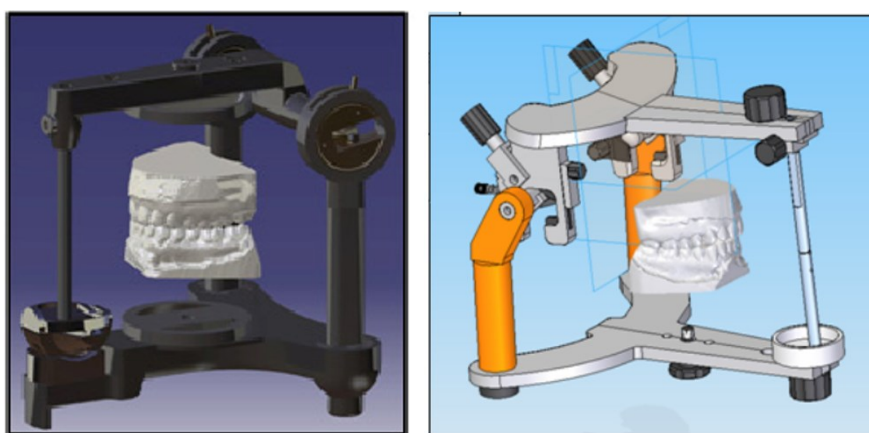


Figura 15 - Processo de modelação de Ivoclar Startos 2000 e Hanau H2 (Solaberrieta et al. 2009).

Atualmente, alguns programas de *Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing* (CAD/CAM) já têm articuladores virtuais incluídos nos seus *softwares*. A escolha do articulador virtual baseia-se nos mesmos critérios envolvidos na seleção de um articulador mecânico (Goldstein & Goodacre, 2023).

Foram desenvolvidos dois tipos de articuladores virtuais, que se diferenciam como totalmente ajustáveis e simulados matematicamente (Solaberrieta et al., 2010).

2.1.5.1 Articulador Digital Totalmente Ajustável

O articulador digital totalmente ajustável desenvolvido por Kordass e Gaertner da Universidade de Greifswald, na Alemanha, foi concebido para registar as trajetórias exatas dos movimentos cinemáticos mandibulares, com o auxílio de sistemas eletrónicos de análise de movimentos mandibulares que utilizam pulsos ultrassónicos, como o *Jaw Motion Analyser* (JMA) (Gärtner & Kordass, 2003).

Este dispositivo é constituído por sensores ultrassónicos ou óticos que rastreiam a mandíbula do paciente durante os seus movimentos funcionais. Esta ferramenta emite pulsações ultrassónicas através de transmissores e sensores, sendo o registo da velocidade dessas mesmas pulsações que permite representar a cinemática mandibular, dando acesso ao estudo das componentes espaciais, translacionais e rotacionais do movimento mandibular (Díaz et al., 2021; Kois et al., 2013).



Figura 16 - Interface do articulador virtual DentCAM (contactos oclusais [esquerda], vias do côndilo [sagital e horizontal, direita]) (Gärtner & Kordass, 2003).

O Modjaw® Tech in Motion (Modjaw, Villeurbanne, França), introduzido por Solaberrieta e colegas em 2018, é um dispositivo que não requer dados radiológicos (Solaberrieta et al., 2018). É capaz de registar parâmetros oclusais estáticos e dinâmicos, tal como o eixo de rotação mandibular, inclinações das guias condilares, ângulos de Bennett, alinhamento do plano oclusal, curva de Spee, curva de Wilson, e tem a capacidade de esquematizar os pontos de contacto dentários, combinando as características do articulador digital e do arco facial digital (Calamita, 2022).

É constituído principalmente por um *software* dedicado, um arco facial, adaptadores oclusais e vários transmissores ao nível dos incisivos mandibulares e recetores no arco facial que detetam os movimentos de translação e rotação da mandíbula (Díaz et al., 2021).

As arcadas dentárias digitalizadas movem-se de acordo com os movimentos mandibulares. Estes movimentos são visualizados no ecrã do computador, que é composto por três janelas principais que mostram o mesmo movimento das arcadas em diferentes planos (Solaberrieta et al., 2010).



Figura 17- Modjaw® a registar a cinemática mandibular no plano frontal e plano sagital (Marta Revilla-Leon et al., 2023).

O *software* é utilizado para construir e corrigir superfícies oclusais em sistemas CAD e é capaz de calcular e visualizar colisões oclusais estáticas e cinemáticas em diferentes planos. No entanto, é de salientar que este articulador virtual requer um sistema sofisticado de registo mandibular eletrónico (Solaberrieta et al., 2010).

O articulador totalmente ajustável é indicado, principalmente, para casos complexos que envolvem uma morfologia oclusal com necessidade de ser avaliada durante os movimentos de excursão mandibular individuais, de modo a evitar interferências oclusais (Lepidi et al., 2021).

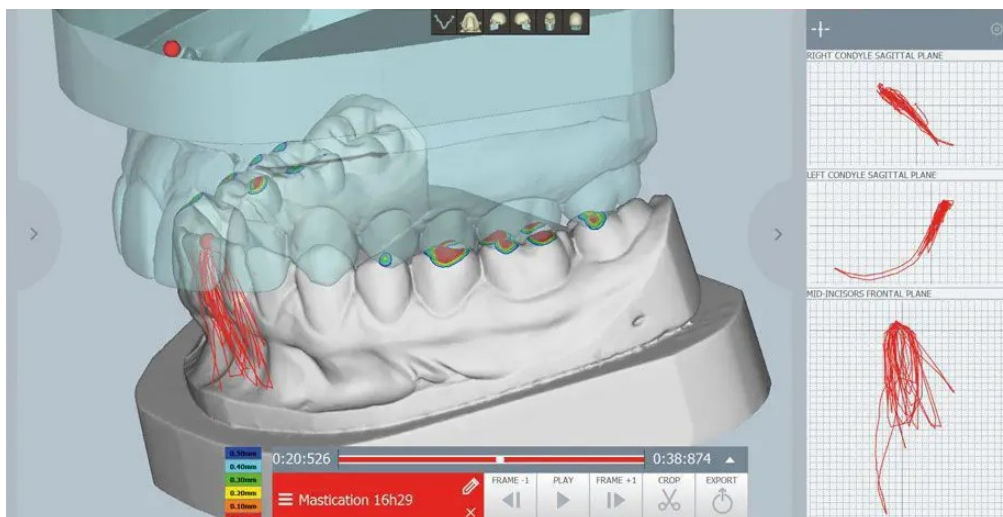


Figura 18 - Modjaw® a calcular e visualizar colisões nos movimentos mandibulares (Marta Revilla-Leon et al., 2023).

2.1.5.2. Articulador Digital de Simulação Matemática

Foi desenvolvido por Szentpétery da Martin-Luther-University em Halle, Alemanha. Baseia-se no registo e na reprodução de movimentos num articulador, sendo estes traduzidos a partir de dados simulados matematicamente. Este articulador reproduz os movimentos mandibulares com base em valores médios (Solaberrieta et al., 2010). É muito semelhante aos articuladores semi-ajustáveis (mecânicos) e é indicado para a maioria das situações clínicas (Calamita, 2022).

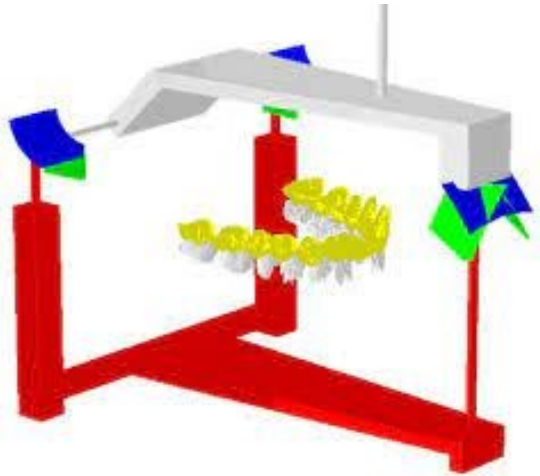


Figura 19 - Articulador digital de simulação matemática desenvolvido por Szentpétery (Adam Szentpétery, 1997)

Porém, a montagem nestes articuladores é considerada inconsistente, existindo muitos estudos a tentar padronizar a relação entre o eixo horizontal transversal utilizando pontos de referência anatómicos. Em estudos conduzidos por Kois, foi comprovado que a distância entre um eixo horizontal transversal, cujo, o centro se encontrava nos côndilos mandibulares e o restante vértice na superfície lingual dos incisivos centrais mandibulares, criava um triângulo cujos lados tinham em média 100,12 mm de comprimento (Kois et al., 2013). Este resultado ia ao encontro com estudos anteriores executados por Bonwill com a sua hipótese do triângulo equilátero de 100 mm de lado e com a esfera de Monson, que apresenta 10 cm de raio (Díaz et al., 2021).

Assim, os articuladores digitais matematicamente ajustáveis baseiam-se na hipótese do triângulo Bonwill, onde as arcadas vão ser posicionadas consoante a distância média entre os vértices (Díaz et al., 2021).

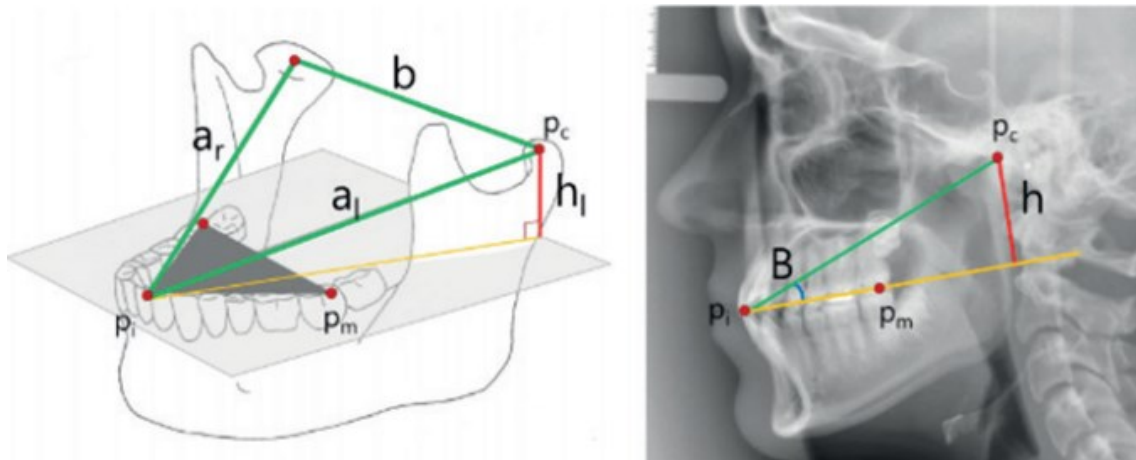


Figura 20 - Pontos anatómicos para o articulador virtual (Desenho de Ohm 1982; Maggetti 2015). Triângulo de Bonwill (triângulo verde); plano oclusal (plano cinzento e linha amarela); "a" corresponde ao braço direito e esquerdo do triângulo de Bonwill; "b" à base do triângulo; "h" à altura; "B" ao ângulo de Balkwill; "pi" no ponto médio do bordo incisal; "pm" até a ponta da cúspide distolingual do segundo molar e "pc" até o centro do côndilo (Ohm & Silness, 1982).

Contudo, a simulação matemática acrescenta funcionalidades que não estão disponíveis em alguns articuladores convencionais, tornando-o mais versátil (Solaberrieta et al., 2010).

Casos onde a reprodução da relação entre as arcadas é suficiente para o planeamento da morfologia oclusal da prótese, têm, como principal indicação clínica, o articulador do tipo simulação matemática. Devido à sua facilidade de utilização e ao seu custo menos dispendioso, comparativamente ao articulador totalmente ajustável, é um dos articuladores mais utilizados (Lepidi et al., 2022).

A principal desvantagem é o facto de não ser possível obter e incorporar a cinemática do movimento mandibular individual de cada paciente, uma vez que se comporta como um articulador convencional. Esta limitação reduz a sua aplicabilidade na reabilitação de casos mais complexos (Koralakunte, 2014).

2.2. Seleção do Articulador

Não existe um articulador que seja "certo" para todas as situações (Hobo et al., 1976). Atualmente, existe uma vasta quantidade e variedade de articuladores, o desafio do profissional é seleccionar um articulador que não seja nem mais nem menos complexo do que o necessário para realizar a reabilitação (Pramod et al., 2008).

Devido às limitações do verticulador, este dispositivo apenas tem indicação para a confecção de restaurações unitárias posteriores, onde os dentes adjacentes proporcionam um padrão anatômico de referência adequado (Calamita, 2022).

Coroas unitárias, *inlays*, *onlays* e *overlays* simples são normalmente efetuadas em articuladores básicos, que consistem de uma dobradiça, ou seja, em articuladores classe II. Estes articuladores não ajustáveis apenas conseguem simular o movimento de articulação da mandíbula e manter os modelos em RC. As imprecisões oclusais criadas por este tipo de aparelho podem ser corrigidas intraoralmente, consumindo tempo de cadeira, levando a um resultado inferior ao desejado. No entanto, muitas imprecisões não são corretamente detetadas e permanecem em boca como interferências oclusais assintomáticas, que, mais tarde podem evoluir para condições patológicas, como destruição da estrutura dentária e de suporte e/ou distúrbios da ATM (Pramod et al., 2008).

O articulador semi-ajustável permite o ajuste de modo a reproduzir os movimentos mandibulares médios. Estes articuladores são mais frequentemente indicados para o planeamento e confecção de próteses totais equilibradas, próteses parciais classe I e classe II de Kennedy, coroas e próteses parciais fixas de três elementos (Pramod et al., 2008).

Os articuladores totalmente ajustáveis mimetizam os movimentos da mandíbula com um grau de precisão mais elevado. Estes instrumentos permitem alinhar o modelo com as ATMs e reproduzir todos os movimentos mandibulares. As imprecisões na restauração indireta podem ser significativamente reduzidas com a utilização destes articuladores; no entanto, o tratamento com estes instrumentos é prolongado, requer grande perícia por parte do dentista e do técnico e, por isso, não é economicamente viável para planos de tratamento de rotina mais simples (Pramod et al., 2008).

Os articuladores digitais podem ser utilizados como ferramentas educacionais, para demonstrar as opções de tratamento aos próprios pacientes, e a sua utilização em contextos clínicos e laboratoriais tem demonstrado ser benéfica nas diferentes áreas da Medicina Dentária (Lepidi et al., 2021). As principais vantagens para este tipo de articulador incluem o diagnóstico individualizado e a superação das limitações dos articuladores mecânicos, tais como: a criação de novos contactos oclusais, a deformação do material, os erros de orientação e o posicionamento dos modelos maxilar e mandibular

e a dificuldade de simular os dados do paciente em três dimensões (Goldstein & Goodacre, 2023).

O articulador é um fator importante no resultado do trabalho, que requer a máxima habilidade e cuidado por parte do clínico. Neste sentido, a eficiência e o sucesso das reabilitações orais, bem como de outras práticas clínicas, são diretamente afetadas pelo tipo de articulador escolhido (Özdemir et al., 2021).

3. Tecnologias e *softwares* auxiliares na reabilitação oral

O avanço tecnológico, que se verificou nos últimos anos, conduziu a várias evoluções na medicina dentária, que alteraram a forma como os registos e o planeamento nos consultórios dentários são realizados. Os procedimentos convencionais, mais lentos e complexos, são agora realizados com assistência digital, trazendo maior conforto, rapidez, previsibilidade e respeito pelas necessidades do paciente, uma vez que os resultados estéticos e funcionais superiores se tornaram fundamentais. O fluxo de trabalho digital alterou, drasticamente, a forma de trabalho dos dentistas e começou a exigir uma nova curva de aprendizagem para utilizar as novas ferramentas disponíveis que facilitam a rotina clínica (Fung & Brisebois, 2020).

Existem diversas empresas que oferecem várias aplicações de *software* e *hardware*, e deve-se à equipa de Medicina Dentária, constituída por clínicos e técnicos, a escolha de como e quando proceder de forma digital ou manter-se com o método convencional (Joda et al., 2017).

Tecnologias de análise oclusal digital, incluindo os scanners intraorais, sistemas de rastreamento da mandíbula, dispositivos de análise oclusal computadorizada e articulador digital, fornecem poderosas informações complementares ao estudo, diagnóstico e *design* prostodontico (Revilla-Leon et al., 2023).

3.1. *Scanner* intraoral

Com o desenvolvimento dos *scanners* intraorais e a sua utilização para vários procedimentos clínicos, incluindo a aquisição de modelos definitivos de diagnóstico virtualmente articulados, tornou possível uma alternativa para digitalizar e analisar a oclusão dentária estática e dinâmica de um paciente. (Revilla-Leon et al., 2023).

Os sistemas de *scanner* intraoral consistem, essencialmente, numa estação de trabalho móvel para recolha de dados, com um monitor para visualização de exames ou ficheiros em formato digital e com uma câmara intraoral que recolhe dados diretamente da boca do paciente. A câmara intraoral projeta energia laser ou luz branca na cavidade oral que é refletida de volta para o sensor no interior da câmara recolhendo os dados da superfície. Dependendo dos algoritmos utilizados, são efetuadas dezenas ou centenas de milhares de medições por centímetro, resultando numa reconstrução 3D da arcada dentária (Díaz et al., 2021).



Figura 21 - *Scanner* Intraoral Prime Scan (ótico) (retirado de: <https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html>).

São capazes de registar a relação intermaxilar através da incorporação de registos oclusais virtuais que são utilizados para alinhar modelos virtuais previamente adquiridos. Além disso, os sistemas de digitalização intraoral podem fornecer informações de contacto oclusal estático e dinâmico (Revilla-Leon et al., 2023).

Fatores como o operador e o paciente podem afetar a precisão da captação da imagem, resultando na imprecisão das relações maxilomandibulares dos modelos obtidos. Em geral, os *scanners* intraorais são uma alternativa fiável às impressões convencionais para obter modelos de diagnóstico virtuais com uma precisão semelhante, independentemente da tecnologia de digitalização e do sistema utilizado (Revilla-Leon et al., 2023).

3.2. Sistemas de rastreamento do movimento mandibular

A análise do movimento mandibular é um dado complementar e crítico do processo de diagnóstico e de tratamento na área da prostodontia (Jakubowska et al., 2023).

O rastreamento e a observação destes movimentos começaram, formalmente, no século 18, com a utilização de múltiplas exposições radiográficas para registar o seu trajeto. Mais tarde, surgiu o uso de sistemas de rastreio que recorreram a luz, magnetismo e outras tecnologias (Mohl & Lund, 1990).

Estudos desse período discutem os registos dos movimentos mandibulares e o mecanismo condilar, defendendo, que uma recriação precisa da oclusão do paciente no articulador é crucial para o sucesso do planeamento da reabilitação. Assim, o registo preciso da trajetória condilar é essencial para atingir esse objetivo (Chang et al., 2004).

De acordo com o Glossário de Termos de Prostodonticos, trajeto condilar refere-se ao percurso mandibular produzido pelo côndilo e pelo disco articular à medida que se movem ao longo da forma da fossa glenoide (Ferro, 2017). Um registo impreciso do trajeto condilar resulta em interferências oclusais durante os movimentos mandibulares, o que pode aumentar o tempo necessário para os ajustes das restaurações na consulta (Shreshta et al., 2012).



Figura 22- Trajeto condilar utilizando registos oclusais de protrusão (Naqash et al., 2020).

Existem vários métodos intraorais e extraorais para determinar o trajeto condilar e replicar inclinações comparáveis à articulação temporomandibular do paciente. Os métodos intraorais incluem registos protrusivos interoclusais, a folha de gauge, o jig de Lucia e traçados intraorais (Shreshta et al., 2012).

Os métodos extraorais incluem a utilização de radiografias (telerradiografias de perfil, pantomografias, tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e tomografias computadorizadas) e traçados pantográficos (Shreshta et al., 2012).

O traçado pantográfico (TP) regista o movimento da mandíbula em três planos e fornece dados sobre os movimentos mandibulares, incluindo a trajetória condilar. Os sistemas de TP podem ser mecânicos ou eletrônicos (Naqash et al., 2020).

Um exemplo de dispositivo eletrônico, denominado Cadiax Compact®, inclui um arco facial maxilar e mandibular ao qual estão ligados sensores e sondas da unidade de medição. O arco mandibular pode ser fixado à arcada do paciente através de uma moldeira de cobertura oclusal (Chang et al., 2004).

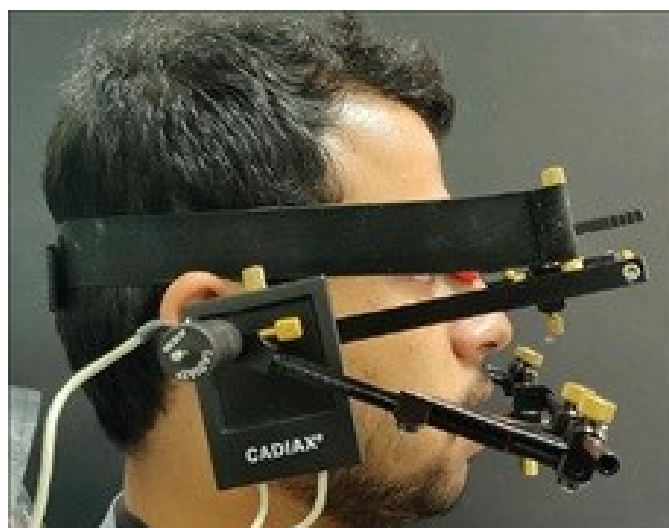


Figura 23- Traçado pantográfico com o Cadiax Compact® montando na face de um participante (Naqash et al., 2020).

Uma vantagem importante do pantógrafo eletrônico é a sua capacidade de registrar e analisar rapidamente os movimentos mandibulares, minimizando os erros de programação do articulador através da produção de valores numéricos de controlo (Ahuja et al., 2017).

A utilização da CBCT tem-se tornado cada vez mais popular. Estes exames são mais seguros, mais precisos e comparativamente menos dispendiosos, o que levou à sua adoção generalizada em várias áreas da medicina dentária. Acredita-se que as imagens digitais de CBCT produzem resultados mais fiáveis na medição do trajeto condilar que, é obtido pelo ângulo formado a partir da intersecção do plano de Frankfurt com a linha da

curvatura média da eminência articular, medida para o lado direito e esquerdo (Naqash et al., 2020).

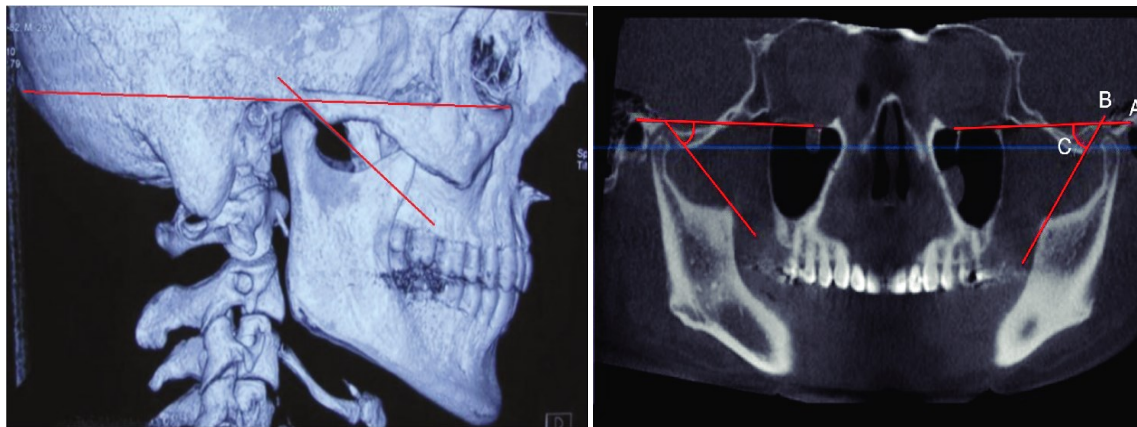


Figura 24 - Método radiográfico para medir a orientação horizontal do côndilo (Shreshta et al., 2012).

Recentemente, os JMA demonstram ser ferramentas inovadoras para o planeamento de tratamentos e para diagnósticos, que contribuíram para o avanço do conhecimento sobre o sistema mastigatório (Jakubowska et al., 2023).

Utiliza um arco facial computadorizado e sensores de movimento mandibular ligados à mesma. Este regista o movimento mandibular relativamente a um arco facial eletrónico, através da transmissão de pulsos ultrassónicos para deteção de movimento (Kim et al., 2019).

Permitindo a análise em todas as suas componentes espaciais, rotacionais e translacionais. São também utilizados sensores específicos para estabelecer os pontos de referência anterior e posterior, bem como os contactos oclusais (Lepidi et al., 2021).



Figura 25 - Dispositivo Arcus Digma® que regista o movimento mandibular com uma JMA (Kim et al., 2019).

Os dados do movimento mandibular e do trajeto condilar são combinados com as impressões digitalizadas dos maxilares superior e inferior ou com os dados digitalizados dos modelos, preservando a relação do maxilar pretendida, sendo ambos os conjuntos importados para o articulador virtual (Lepidi et al., 2021).

Uma vez introduzidos estes conjuntos de dados, pode-se iniciar a simulação do movimento da mastigação específica do paciente, que vai influenciar diretamente a estratégia de reabilitação (Revilla-Leon et al., 2023).

3.3. Sistemas de análise oclusal

Foram descritos vários sistemas de análise oclusal assistidos por computador com o intuito de detetar os contactos oclusais juntamente com a distribuição da pressão nas superfícies oclusais de uma forma sequencial no tempo (Revilla-Leon et al., 2023).

A análise oclusal digital demonstrou ser um método altamente repetível para a medição das forças oclusais relativas. O sistema de análise oclusal computadorizada utiliza um sensor de registo com carga eletrónica, que digitaliza em intervalos de tempo de 0,003 segundos, para detetar desvios nas forças de contacto oclusais relativas, contactos dentários excessivos e períodos de contacto oclusal (Qadeer et al., 2012).

O sistema é composto por um computador com uma interface dedicada e um software capaz de traduzir as informações registadas pelo sensor em informações visuais e numéricas sobre o contacto com o dente (Şoaita & Popşor, 2011).



Figura 26 - Sistemas de análise oclusal T-scan (TekScan) (A) e OccluSense (Bausch) (B) (Marta Revilla-Leon et al., 2023).

O sensor de registo é inserido intraoralmente entre as arcadas dentárias para adquirir informações sobre a força oclusal em tempo real, à medida que um indivíduo encerra a boca ou efetua movimentos de excursão sobre a sua superfície de registo. O

software converte os dados oclusais de qualquer evento oclusal registado numa visualização gráfica em 2D ou 3D (Qadeer et al., 2012).

Os dados de força de oclusal fornecem ao médico dentista informações mais precisas sobre os pontos de contacto oclusais que apresentam uma sobrecarga de força oclusal, em comparação com o método subjetivo de "avaliar" as marcas do papel químico (Qadeer et al., 2012).

A espessura, a resistência e a elasticidade do material, a absorção da saliva e a interpretação do médico afetam a sensibilidade e a fiabilidade dos indicadores convencionais de contacto oclusal (Revilla-Leon et al., 2023).

Ao contrário do papel articulado, que marca cada contacto dentário com uma cor, o sensor é capaz de determinar o tempo e a sucessão de contactos. Isto é útil na identificação e eliminação de contactos prematuros e interferências (Şoaita & Popşor, 2011).

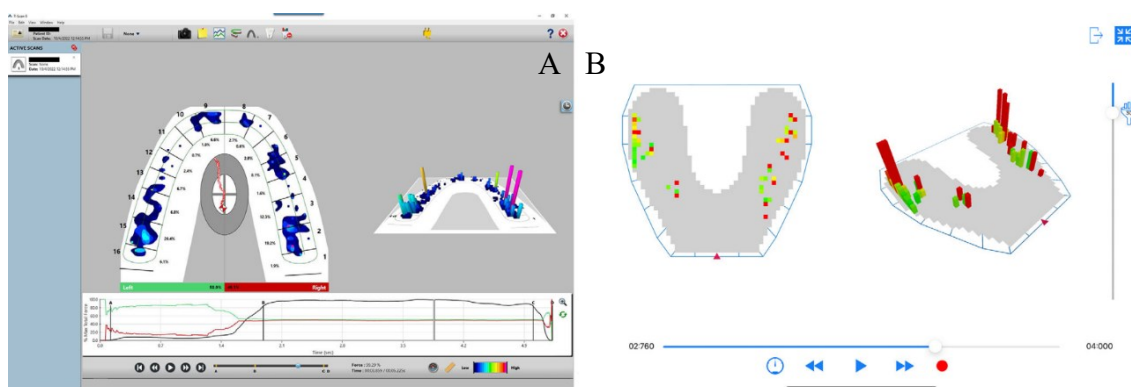


Figura 27 - Sistemas de análise oclusal computadorizada. (A) T-scan da Tekscan. (B) OcclusSense da Bausch (Marta Revilla-Leon et al., 2023).

A análise oclusal computadorizada está a tornar-se cada vez mais uma ferramenta útil para os médicos dentistas compreenderem as forças de contacto oclusal funcionais e parafuncionais, as sequências de tempo de contacto e as pressões exercidas na superfície oclusal (Şoaita & Popşor, 2011).

A literatura tem avaliado a exatidão destes sistemas, tendo relatado a mesma como um método consistente e fiável para a medição das áreas de contacto oclusal com a força máxima de mordida (Revilla-Leon et al., 2023).

4. Transferência dos dados do doente para o digital

A captura das arcadas, a relação entre as mesmas e transferência para um dispositivo de articulação são imperativas quando se planeiam extensas e complexas reabilitações. Esta transferência pode ocorrer de duas formas: direta ou indireta (Alghazzawi, 2016).

Em geral, estas são duas abordagens ao fluxo de trabalho digital e às soluções dentárias fabricadas digitalmente, que estão atualmente disponíveis. A utilização do CAD/CAM proporciona um serviço dentário inovador e de vanguarda, e a sua utilização tem sido significativa nos últimos anos (Güth et al., 2013).

O método de aquisição é definido como "direto" quando envolve um *scanner* intra-oral, enquanto o método "indireto" corresponde à implementação de passos analógicos, como a aquisição de modelos de gesso, que são posteriormente digitalizados utilizando *scanners* de laboratório. A elevada precisão na aquisição de dados é uma característica desejada para os sistemas de digitalização (Lepidi et al., 2021).

4.1. Método indireto

O método indireto consiste em capturar a posição do maxilar superior em relação aos ossos da base do crânio com recurso a um arco facial convencional e, subsequentemente, transferir para um articulador convencional. Após este passo, adapta-se o articulador ao *scanner* de laboratório e transferimos para o articulador virtual no *software* de CAD/CAM. Também pode ser realizado o *scan* dos modelos individualmente, dependendo do tipo de *scanner* de laboratório utilizado (Alghazzawi, 2016).

O *scanner* de bancada projeta um raio laser não destrutivo e dispõe de várias câmeras digitais para reproduzir imagens de alta resolução de superfícies. Impressões, modelos ou registos de mordida são colocados dentro de uma plataforma, onde a câmara gira e inclina automaticamente durante a digitalização, gerando um modelo *Standard Triangle Language* (STL). Permite arquivar os dados em formato digital, levando a que os modelos de gesso, impressões e registo de mordida possam ser descartados, eliminando a necessidade de armazenamento no laboratório (Díaz et al., 2021).

Este ficheiro é, depois importado para o *software* CAD/CAM e são marcados elementos de referência para localizar o modelo no ambiente virtual do sistema CAD (Solaberrieta et al., 2013). Um alinhamento iterativo de melhor ajuste é, assim, utilizado para sobrepor os diferentes modelos de superfície (Úry et al., 2020).

A principal vantagem do método indireto é que a posição maxilar relacionada aos ossos da base do crânio e as posições mandibulares atribuídas, quer seja em MI, em RC ou em outra posição terapêutica, são facilmente transferíveis para o ambiente digital. Além disso, o número de alinhamentos é reduzido para apenas dois, ou seja, a sobreposição de modelos de superfície maxilar e mandibular ao registo intermaxilar que foi digitalizado (Úry et al., 2020).

O facto de que algumas etapas analógicas ainda serem necessárias pode ser uma vantagem, porque oferece opções de controlo desejáveis. Além disso, a metodologia indireta está disponível na maioria dos consultórios dentários e não requer uma tecnologia de cadeira dispendiosa (Úry et al., 2020).

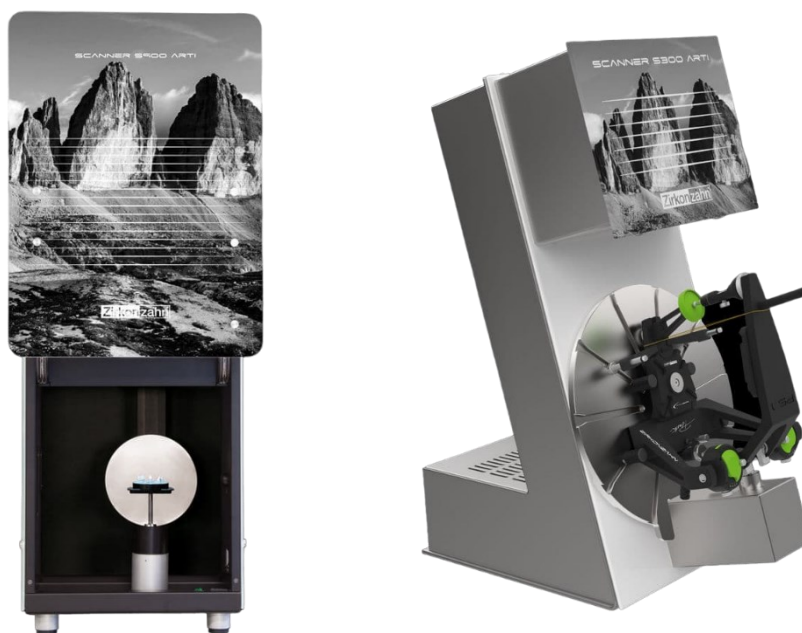


Figura 28 - Scanner de laboratório Zirkonzahn retirado de: <https://zirkonzahn.com/>.

4.2. Método direto

No método direto, a posição exata das arcadas é transferida para o articulador virtual, utilizando uma metodologia baseada na digitalização intraoral e na engenharia inversa com a implementação de um arco facial virtual. A digitalização maxilar e mandibular é efetuada recorrendo a um scanner intraoral ligado a um computador com *software* específico (Alghazzawi, 2016).

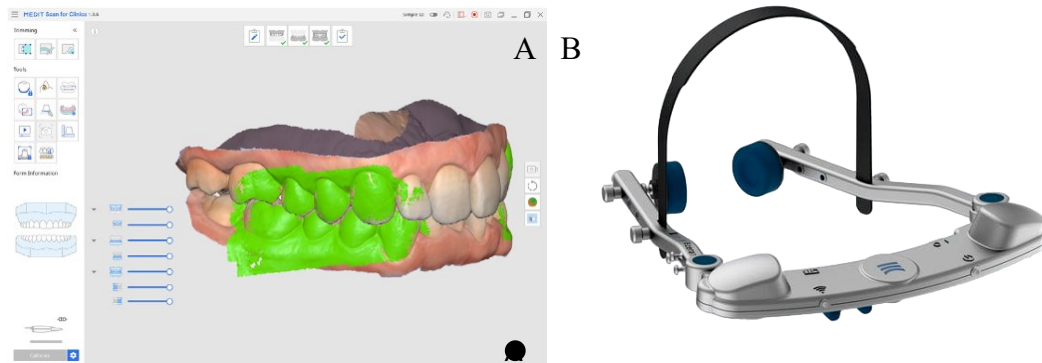


Figura 29 - (A) Leitura através de scanner digital intraoral representativo articulado na posição de MI usando i700 IOS (Marta Revilla-Leon et al., 2023). (B) Arco Facial digital (imagem retirada de <https://www.amanngirrbach.com.>).

É apenas necessário manipular o paciente posicionando-o em MI ou em RC e fazer um *scan* simultâneo das arcadas. O algoritmo do programa irá depois juntar as imagens obtidas iniciais da mandíbula e do maxilar, alinhando-os. O operador só tem de confirmar o alinhamento ou optar por o realizar, ignorando a sugestão do programa (Díaz et al., 2021).

Existe uma curva de aprendizagem e de adaptação para digitalização e para a sua sequência de trabalho, uma vez que as impressões convencionais e os modelos de gesso sempre foram considerados o *gold-standard* (Fung & Brisebois, 2020). Porém, alguns casos, como a determinação das linhas de margem profundas de preparações dentárias, a leitura através de *scanner* dos *scan-bodies*, entre outros procedimentos, podem ser extremamente desafiantes e exigir competências adicionais por parte do clínico (Li et al., 2021).

Esta técnica permite a redução de distorções recorrentes, devido a alterações dimensionais do material de impressão, do material de registo intermaxilar e da posição dos modelos de gesso no mesmo registo intermaxilar (Calamita, 2022).

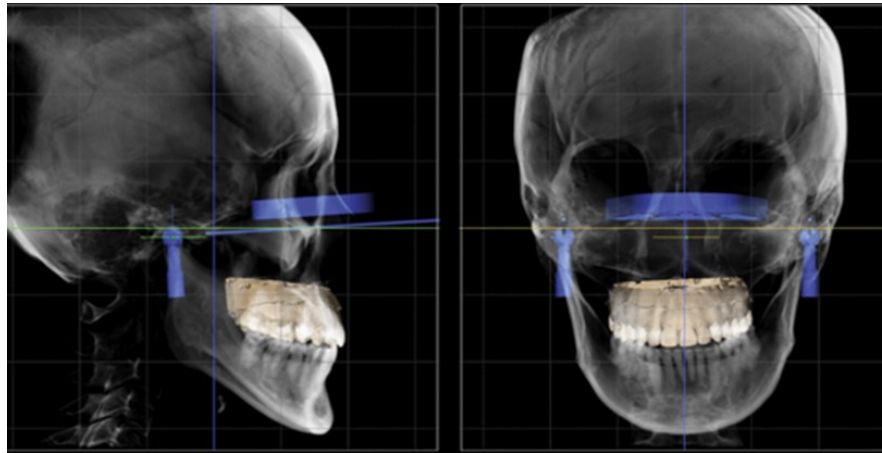


Figura 30 - Articulador virtual ajustado ao côndilo direito e esquerdo, polo medial e orbital importado juntamente com os dados da leitura através de scanner do modelo e dados da tomografia computadorizada de feixe cônico sobrepostos (Park et al., 2021).

Também podemos complementar esta técnica com uma imagem adquirida por uma CBCT, que transfere dados relativos à posição da dentição maxilar e mandibular para o articulador virtual com base na imagem tomográfica obtida. Esta pode ser orientada com o paciente em RC e em MI, sendo que posteriormente as imagens das duas posições são sobrepostas para poder comparar a posição esquelética do eixo do côndilo em RC e em MI (Park et al., 2021).

Além disso, podem também ser incluídas fotografias ou ficheiros de digitalização facial 3D para criar um paciente virtual, através de um algoritmo Interactive Closest Point (ICP), utilizando um procedimento de sobreposição de imagens (Piedra-Cascón et al., 2021).

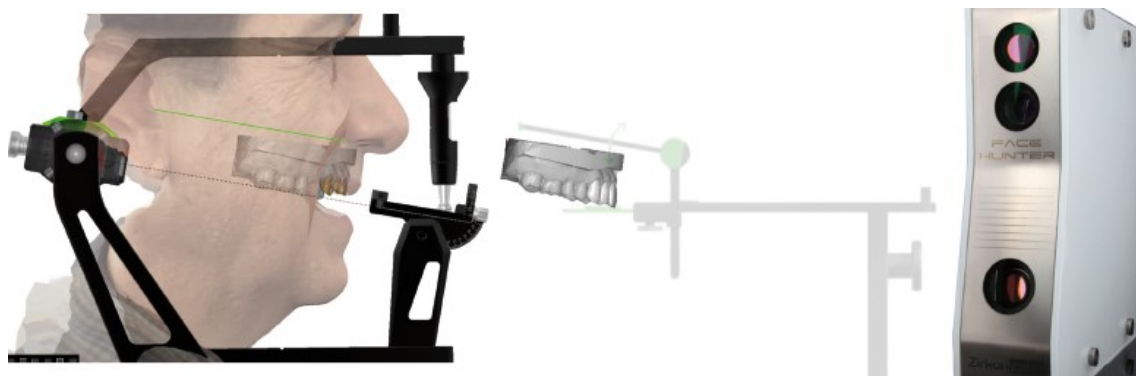


Figura 31 - Combinação dos modelos digitalizados com as imagens 3D do scanner facial retirado de <https://zirkonzahn.com/>

Outros métodos que também têm sido propostos pela literatura para a transferência das arcadas dentárias para o articulador digital são o exame cefalométrico ou a leitura através de *scanner* das arcadas com marcadores de referência na face do paciente (Calamita, 2022).

Segundo Lepidi, atualmente nenhum dos métodos anteriormente citados atingiu um nível de reprodutibilidade ou de relação custo benefício que justifique o seu uso de uma maneira ampla na reabilitação oral (Lepidi et al., 2021).

5. Planeamento digital

Um tratamento restaurador bem-sucedido envolve o controlo de quatro fatores de tratamento: a estética, a função, a estrutura e a biologia. Para melhorar a precisão e satisfazer as expectativas dos pacientes. Com recurso a *softwares* de desenho e à informação recolhida, o técnico de prótese dentária pode criar um enceramento tridimensional dos elementos de uma forma eficiente que vá ao encontro dos objetivos de reabilitação (Coachman & Calamita, 2012).

Nos *softwares* para o planeamento, são fornecidas várias ferramentas para criar uma configuração virtual. Esta também, permite a personalização de modelos virtuais e parâmetros específicos do paciente para garantir precisão. Estas ferramentas incluem uma biblioteca de anatomias dentárias padrão, ferramentas de modelação da anatomia e articuladores virtuais que permitem ao utilizador obter uma configuração funcional (Flügge et al., 2022).

No planeamento podemos simular a reabilitação ou as técnicas com que pretendemos efetuar a reabilitação. Assim podemos efetuar o enceramento digital que abre caminho para o *mock-up* e provisórias bem como planear guias cirúrgicas para colocação de implantes ou outro tipo de cirurgias (Coachman & Calamita, 2012).

5.1 Enceramento de diagnóstico

O enceramento de diagnóstico é recomendado para procedimentos prostodonticos fixos antes de os dentes serem preparados em boca. Trata-se da reconstrução e delineamento da anatomia dentária, normalmente com uma cera própria para o efeito, para avaliar o tamanho e o contorno dos dentes a reabilitar (Small, 2005).

O enceramento de diagnóstico, em modelos trabalho montados em articulador tornou-se o *standard* para a visualização dos objetivos do planeamento. Servem como referência para o medico dentista para as restaurações finais (Small, 2005).

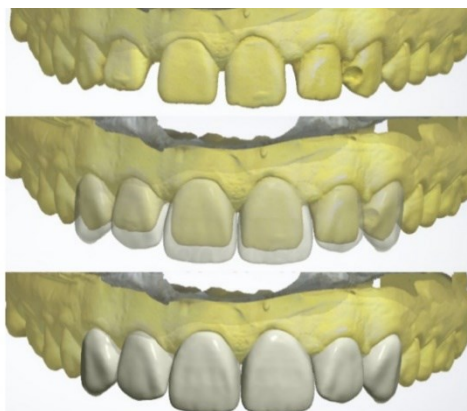


Figura 32 - Enceramento de diagnóstico digital do 2º sextante, retirado de: <https://www.styleitaliano.org/>

Nos últimos anos, a medicina dentária adotou o CAD/CAM, para melhorar a precisão e reduzir o tempo de trabalho (Di Fiore et al., 2021).

É utilizado para expandir o processo de enceramento de diagnóstico, que pode ser traduzido para a boca do paciente através de restaurações de teste de diagnóstico ou *mock-up*, fresagem da restauração provisória ou definitiva a partir dos modelos de enceramento digital (Piedra-Cascón et al., 2021).

No entanto, a construção da face oclusal pode implicar a utilização de bibliotecas dentárias padrão e requer um nível significativo de interação entre o técnico de prótese dentária e um conhecimento profundo do *software* CAD com que trabalha (tabela 1) (Piedra-Cascón et al., 2021). É geralmente aceite pelos clínicos, que o objetivo é a obtenção de uma intercuspidação harmoniosa e a restauração de uma morfologia dentária com aspeto natural (Kollmuss et al., 2013).

Tabela 1 - Exemplos de *softwares* CAD

<i>Software in-office</i>	<i>Software in-lab</i>
a) <i>Planmeca planCAD easy;</i> b) <i>DWOS chairside (Dental Wings);</i> c) <i>Trios design studios (3 shape);</i> d) <i>CEREC software</i>	a. <i>Planmeca planCAD premium;</i> b. <i>In-lab CAD SW (Sirona);</i> c. <i>Ceramill Mind (Amann Girrbach);</i> d. <i>ExoCAD (Smart optics)</i> e. <i>Cercon art (DentplyDegudent)</i> f. <i>Everest Energy CAD (KAVO)</i> g. <i>LAVA CAD (3M ESPE LAVA)</i>

Os *softwares* mais recentes utilizam algoritmos para ajustar a superfície oclusal aos registos de mordida, com base numa topografia dos dentes obtida a partir de uma biblioteca, que inclui várias centenas de digitalizações de superfícies oclusais intactas e sem cáries. Esta é uma das vantagens dos sistemas que permitem a rápida execução de enceramentos baseada nesta vasta biblioteca de dados e que não se restringe à experiência e destreza manual da pessoa que faz o enceramento analógico. É possível reconstruir uma superfície dentária em falta através da análise do remanescente dentário. Isto permite a confeção de coroas parciais e totais com dimensões oclusais adequadas num período razoável. Também oferece a oportunidade de restaurar uma superfície oclusal completa, mesmo que toda a superfície oclusal original tenha sido perdida. Uma outra opção mais recente é a reconstrução biosimilar, que se baseia nos dentes presentes na arcada do

próprio doente, nomeadamente o dente contralateral na mesma arcada, os dentes proximais ao espaço a reabilitar ou os antagonistas (Kollmuss et al., 2013).

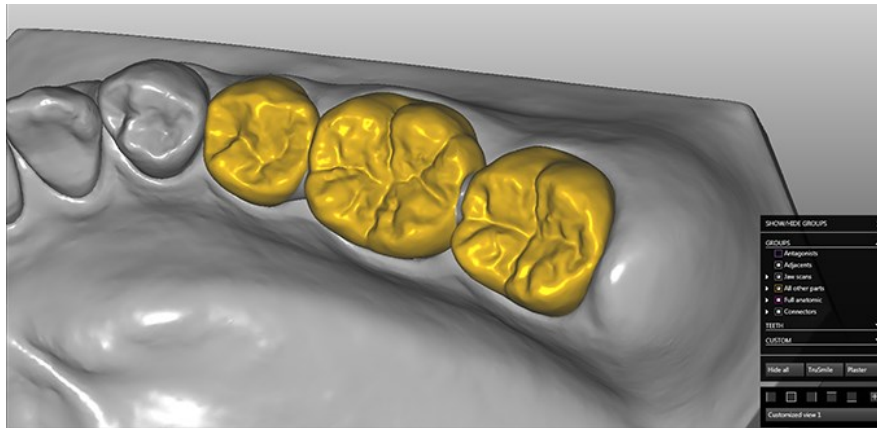


Figura 33 - Enceramento digital do setor posterior, retirado de: <https://zirkonzahn.com/>.

5.2. Mock-up

O planeamento para a criação de um *mock-up* é muito importante, devido ao impacto na perceção que os pacientes têm do resultado pretendido. A satisfação do paciente com o tratamento global depende muito da semelhança da reabilitação definitiva com o *mock-up* (Cattoni et al., 2016).

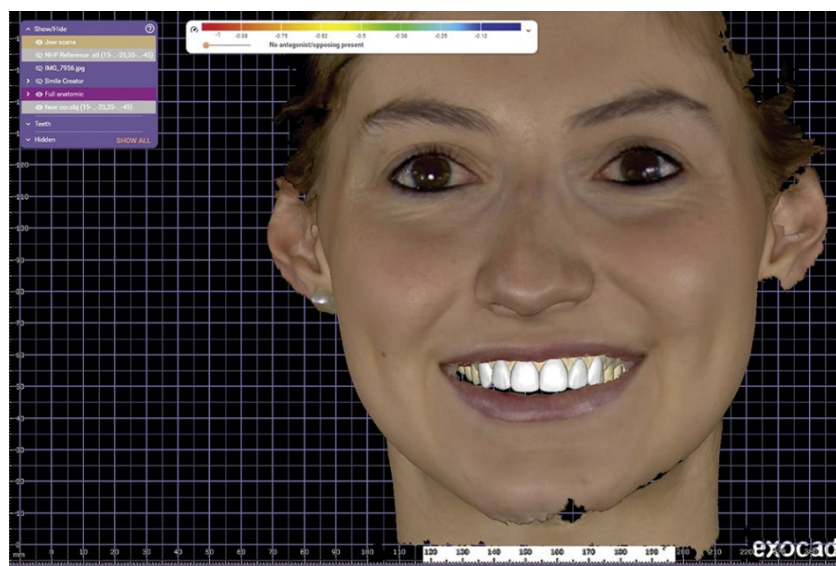


Figura 34 - Enceramento de diagnóstico digital (Rosmaninho et al., 2022).

A forma do dente, a adaptação da prótese, bem como o tamanho e a cor das novas peças em relação ao tecido mole, aos lábios e à face em geral são essenciais para uma tomada de decisão informada (Cattoni et al., 2016).

Quando o paciente concorda com uma pré-visualização virtual em 3D das suas restaurações pretendidas, podemos utilizar uma chave de silicone do enceramento imprimido e aplicar um *mock-up* diretamente. Após a colocação do *mock-up*, o mesmo é testado pelo doente para garantir o seu consentimento para a persecução do trabalho bem como avaliar a satisfação com o resultado espetável (Cattoni et al., 2016).

Após a aprovação do paciente, pode-se dar início aos processos de preparação dentária, que são passíveis de ser guiados, utilizando guias de desgaste dentária desenhadas em CAD (Marques et al., 2022).



Figura 35 - Guia de desgaste realizada por uma impressora 3D (Marques et al., 2022)

5.3. Restaurações Provisórias

A restauração provisória tem como objetivo manter a posição do dente, proteger a polpa, manter a relação periodontal e proporcionar função e estética. Se a provisória for necessária durante um período prolongado, é crucial utilizar materiais de restauração com excelentes propriedades físicas e mecânicas para evitar falhas devido à carga funcional prolongada (Jain et al., 2022).

As coroas provisórias podem ser desenhadas utilizando a técnica da biblioteca anatómica e posteriormente fabricadas utilizando técnicas de fresagem de blocos pré-polimerizados de resina acrílica (Jain et al., 2022). Normalmente requerem alguns ajustes clínicos, que podem levar alterações significativas na morfologia e na estética, bem como afetar a resistência dos materiais de restauração devido a alterações na espessura da restauração (Di Fiore et al., 2021).

O que implica que, a confecção correta de uma provisória seja um dos passos mais importantes no fluxo de trabalho em reabilitação fixa, porque permite aos clínicos avaliar a forma, a função e a estética oclusal do dente antes de proceder à restauração definitiva. A transferência da anatomia do dente provisório para a coroa definitiva permite um

fabrico eficiente em termos de custos e aumenta a qualidade e a reprodutibilidade da coroa (Di Fiore et al., 2021).

5.4. Planeamento de implantes

O processo de planeamento pré-operatório de implantes envolve várias etapas: aquisição de dados digitais através de CBCT e digitalização intraoral, processamento e CAD/CAM. Utilizando *software* especializado, a configuração protética é virtualmente concebida e os implantes são posicionados de modo a obter uma posição ideal com base na configuração e na anatomia individual (Flügge et al., 2022).

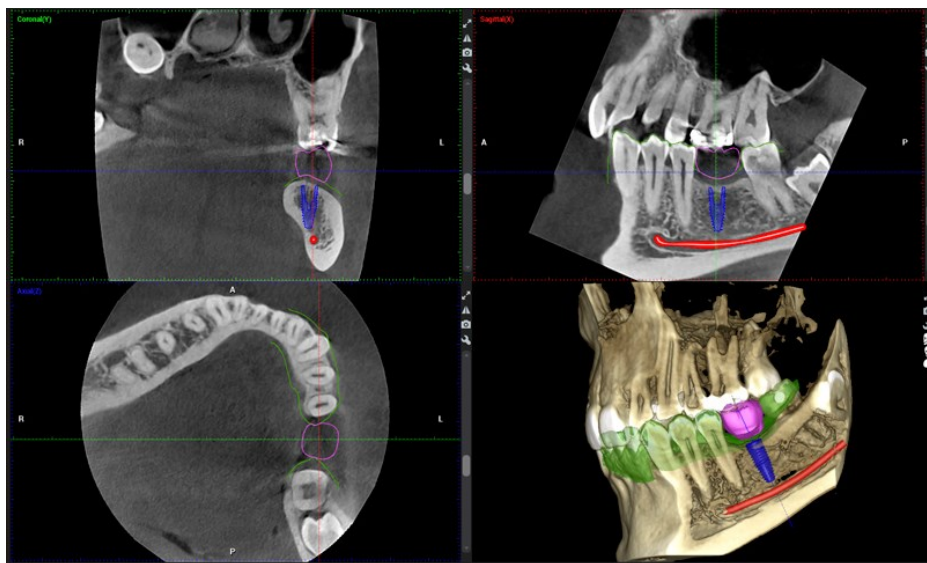


Figura 36 - Planeamento digital de colocação de implantes, retirado de: <https://www.planmeca.com/>

São solicitados os dados radiográficos do doente para recolher informações sobre as dimensões ósseas na área pretendida para a colocação do implante. As imagens 3D, como as do CBCT, fornecem dados essenciais para o planeamento virtual de implantes, incluindo estruturas anatómicas críticas, qualidade e quantidade óssea (Flügge et al., 2022). Esta informação pode prever a estabilidade do implante, a necessidade de enxerto ósseo e/ou de levantamento de seio, durante a fase de planeamento virtual (D'haese et al., 2017).

O *scanner* intra-oral é capaz de captar a morfologia dos tecidos moles orais e a estrutura dos dentes. Sobrepondo mutuamente estas imagens digitalizadas a imagens do CBCT e utilizando *software* de planeamento, é possível obter uma representação tridimensional quase completa dos tecidos moles e duros (D'haese et al., 2017).

A colocação de implantes dentários depende não só da anatomia óssea, mas também da prótese implanto-suportada planejada, que determina a posição e as características finais, incluindo a forma da coroa, o perfil de emergência e os contactos oclusais e proximais. A colocação adequada do implante assegura resultados estéticos e facilita uma oclusão e carga sobre o implante ótimas para estabilidade biomecânica e funcional (Flügge et al., 2022).

Os *softwares* especializados para o planeamento de implantes (tabela 2), permitem a colocação virtual de uma grande variedade de sistemas de implantes, ao selecionar um ícone de implante na barra de ferramentas que altera o tipo, o comprimento, o diâmetro, a altura, a inclinação e a rotação do implante. Após a seleção final, a sua posição é verificada quanto às distâncias e angulações entre os implantes e os dentes adjacentes em imagens vistas de múltiplos planos e, em seguida, são escolhidos os respetivos anéis para as brocas da cirurgia de implante guiada (Flügge et al., 2022).

Tabela 2 - Exemplos de *softwares* especializados para planeamento cirúrgico.

Software platform (former names)	Available software modification	Distributor
10 DR implant		10 DR Seoul, South Korea
Artma virtual implant		Eurodoc, Vienna, Austria
Blue Sky Plan		Blue Sky Bio, Grayslake, IL, USA
coDiagnostiX	coDiagnostiX SKYplanX	IVS Solutions, Chemnitz, Germany Bredent, Senden, Germany
CTV (PraxisSoft)		M+K Dental, Kahla, Germany
DenX Image Guided Implantology		Image Navigation, Jerusalem, Israel
DentalVox (Era Scientific)		Biosfera, Rimini, Italy
DentalSlice		Bioparts, Brasília, Brasil
DDent plus I		AlloVision, Greenville, SC, USA
DigiGuide MDI		Imtec, Ardmore, OK, USA
Easy Guide (CAD implant, Praxim)		Keystone Dental, Drillington, MA, USA
Implant Location System		Tactile Technologies, Rehovot, Israel
InVivoDental		Anatomage, San Jose, CA, USA
Implant3D (Stent CAD)	Implant3D Impla 3D Navi	Media Lab, La Spezia, Italy Schätz Dental, Rosbach, Germany
Implanner		Dolphin Imaging, Chatsworth, CA, USA
Implant3D (med3D)	Implant3D CeHa Implant IGS Monitor	med3D, Heidelberg, Germany C. Hafner, Pforzheim, Germany Zingis, Brussels, Belgium
Implametric		3dent, Valencia, Spain
Nobel Guide (Litorim, Cath. Uni. Leuven, Belgium) (Oralim, Medicim)		Nobel Biocare, Göteborg, Sweden

A posição planejada do implante é então transferida para o local da cirurgia com uma guia cirúrgica virtualmente concebida que pode ser fabricada num laboratório dentário especializado ou no consultório (Flügge et al., 2022).



Figura 38 - Exemplos de aplicação da impressão 3D em implantologia dentária. A - Guia cirúrgica impressa. B - Moldeira personalizada aberta para técnica de moldagem de implantes. C - Modelo de trabalho para uma prótese implanto-suportada (Revilla-León et al., 2023).

5.5. Planeamento em pacientes com DTM

As disfunções temporomandibulares (DTM) são um grupo diversificado de condições que afetam as ATM, os músculos mastigatórios e as estruturas associadas. Estas condições são tipicamente descritas por dor na região pré-auricular, geralmente exacerbada pela mastigação ou pela função mandibular. Estão frequentemente associadas com a limitação do movimento da mandíbula, crepitação articular, sensibilidade muscular ao toque ou dor articular (Manfredini & Poggio, 2017).

O dever do prostodontista, na equipa multidisciplinar, é acompanhar o paciente e providenciar a reabilitação necessária após a dor e a disfunção terem sido controladas (Biasotto-Gonzalez, 2005).

5.5.1. Meios complementares de diagnóstico

Vários dispositivos têm sido propostos para uso no diagnóstico e tratamento desses distúrbios (Biasotto-Gonzalez, 2005).

Temos o exemplo dos JMA, uma vez que, a perturbação do movimento da mandíbula é frequentemente um dos principais sinais ou sintomas de DTM, logo, estes equipamentos permitem a visualização de vários parâmetros do movimento da mandíbula que são considerados valores com relevância para o diagnóstico (Shreshta et al., 2012).

Em pacientes com um diagnóstico duvidoso ou que não respondem ao tratamento, o recurso a equipamentos como a ressonância magnética (RM) pode ajudar o clínico a avaliar melhor o estado da ATM e a decidir sobre o melhor plano de tratamento. Neste contexto, a eletromiografia de superfície (EMG) é um método não invasivo e objetivo

para a análise dos músculos mastigatórios através da avaliação do sinal mioelétrico gerado durante o encerramento estático e dinâmico (Saracutu et al., 2023).

Recentemente, foi concebido um novo dispositivo de registo EMG (Teethan®, Teethan S.p.A., Milão, Itália) para avaliar a contração de dois pares de músculos

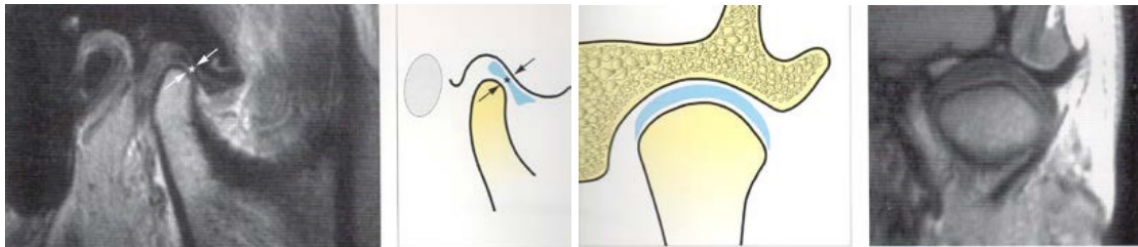


Figura 37 - Anatomia da ATM analisada numa RM

mastigatórios, o temporal e o masséter. Com elétrodos diferenciais que comunicam através de um recetor USB para transmitir os dados a um computador pessoal. Cada elétrodo é específico para um músculo: temporal anterior e masséter. Este vai medir a atividade muscular, traduzindo em microvolts, na oclusão estática e na oclusão dinâmica que depois é analisado no *software* dedicado, processando os dados e resultados comparando com os índices atribuídos pela empresa (Saracutu et al., 2023).

Este dispositivo permite avaliar as diferenças a nível muscular dos tratamentos que foram aplicados (ajustes oclusais, reabilitações extensas, goteiras, implantes, tratamento ortodôntico, etc.) e registar o progresso verificado (Saracutu et al., 2023).

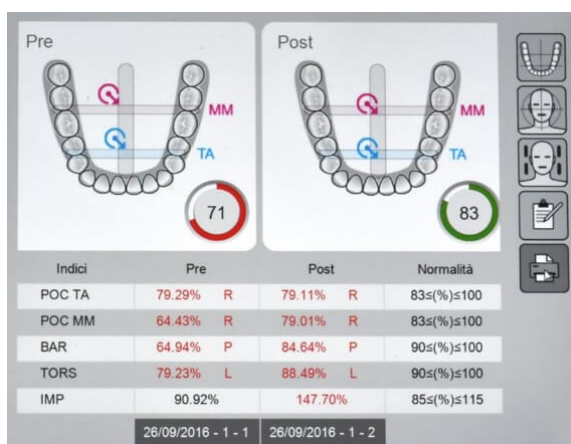


Figura 38 - Representação de uma eletromiografia realizada nos masséterse e temporais registada pelo Teethan® (Saracutu et al., 2023).

5.5.2. Quando proceder á reabilitação

Em pacientes com DTM persistente, os seus sintomas devem ser controlados antes de iniciar qualquer tratamento reabilitador. Em particular, a presença de dor na ATM e/ou nos músculos mastigatórios e uma amplitude de movimento articular limitada são contraindicações absolutas para uma reabilitação oral extensa (Manfredini & Poggio, 2017).

5.5.3. Como planear

O desenho oclusal para reabilitações extensas em pacientes com DTM ou bruxismo deve ser o mais simples possível. Requisitos básicos como uma distribuição simétrica dos contactos oclusais, estabilidade oclusal e conforto são geralmente suficientes para otimizar a função. Esquemas técnicos, como a guia canina para a realizar a desocclusão ou montagem dos modelos, com recurso a articuladores e arcos faciais, podem ajudar na gestão da instabilidade oclusal (Manfredini & Poggio, 2017).

Contudo, devem ser recomendadas abordagens cautelosas ao planear alterações oclusais irreversíveis tanto em indivíduos saudáveis como em pacientes com DTMs (Manfredini & Poggio, 2017).

6. Resultados obtidos

6.1. Workflow digital

De destacar que, em casos complexos de reabilitação oral, uma relação maxilomandibular rigorosa e harmoniosa com os movimentos mandibulares são fatores decisivos para o planeamento e para o sucesso do tratamento (Lepidi et al., 2022). A utilização de instrumentos que simulam a realidade clínica do paciente, sem que este esteja necessariamente presente, tem vindo a ser implementada pelos médicos dentistas há vários anos (Díaz et al., 2021).

O potencial do mundo digital tem beneficiado o médico dentista, o doente e o laboratório. Para o dentista, as vantagens do ambiente digital incluem um melhor diagnóstico e planeamento do tratamento, uma maior adesão aos casos por parte dos pacientes, um encaminhamento mais rápido dos registos para os laboratórios, menos repetições, redução do tempo de cadeira, padronização dos procedimentos de consultório, redução dos requisitos de armazenamento, maior rapidez na resposta do laboratório,

maior precisão, melhoria do fluxo de trabalho, redução das despesas de inventário e redução do período de tratamento (Díaz et al., 2021).

Para o doente, estas vantagens incluem uma melhor forma de apresentação do caso e uma melhor experiência de cuidados dentários, proporcionando maior conforto e menos ansiedade, menos tempo na cadeira, bem como uma redução do tempo de tratamento na sua integra (Díaz et al., 2021).

Nos laboratórios, os modelos digitais oferecem opções versáteis para a conceção e o fabrico de uma vasta diversidade de restaurações indiretas, próteses implanto-suportadas, modelos de estudo, aparelhos ortodônticos, expansores, alinhadores, contenções, etc (Díaz et al., 2021).

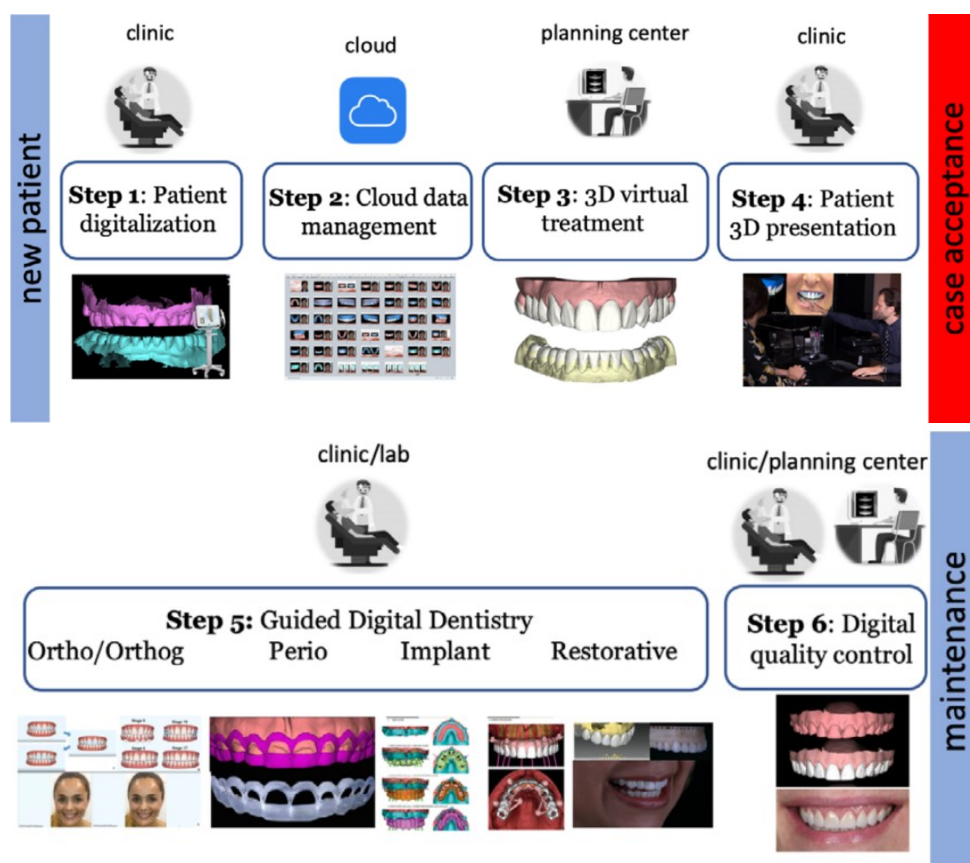


Figura 39 – Todos os passos do *workflow* digital (Coachman et al., 2021)

Este método permite um planeamento preciso e garantem resultados fiáveis e práticos. Nos últimos anos, os domínios da medicina, da tecnologia 3D e da bioengenharia cooperaram para desenvolver ferramentas terapêuticas eficazes. A capacidade de avaliar virtualmente estruturas tridimensionais antes de submeter pacientes reais à sua utilização demonstra grande avanço (Cervino et al., 2019).

Por fim, é importante notar que existem poucos ensaios clínicos a avaliar fluxos de trabalho digitais completos no campo da investigação. Os que existem geralmente examinam e comparam a sua utilização na produção de restaurações indiretas. É necessária investigação adicional utilizando ensaios clínicos aleatórios bem concebidos com observações de acompanhamento no domínio do processamento digital completo. Isto é crucial para estabelecer uma base de apoio científico para a implementação destas tecnologias (Díaz et al., 2021).

6.2. Articuladores digitais

A vantagem do articulador digital em relação aos dispositivos analógicos é que a posição e espessura dos pontos de oclusão é visualizada dinamicamente enquanto a mandíbula se move e não só estaticamente, como acontece quando se utiliza o articulador mecânico. O utilizador pode ver como os pontos de oclusão se deslocam sobre a superfície dos dentes e pode analisar a ordem das oclusões. Isto resulta numa maior precisão do diagnóstico (Buduru et al., 2020).

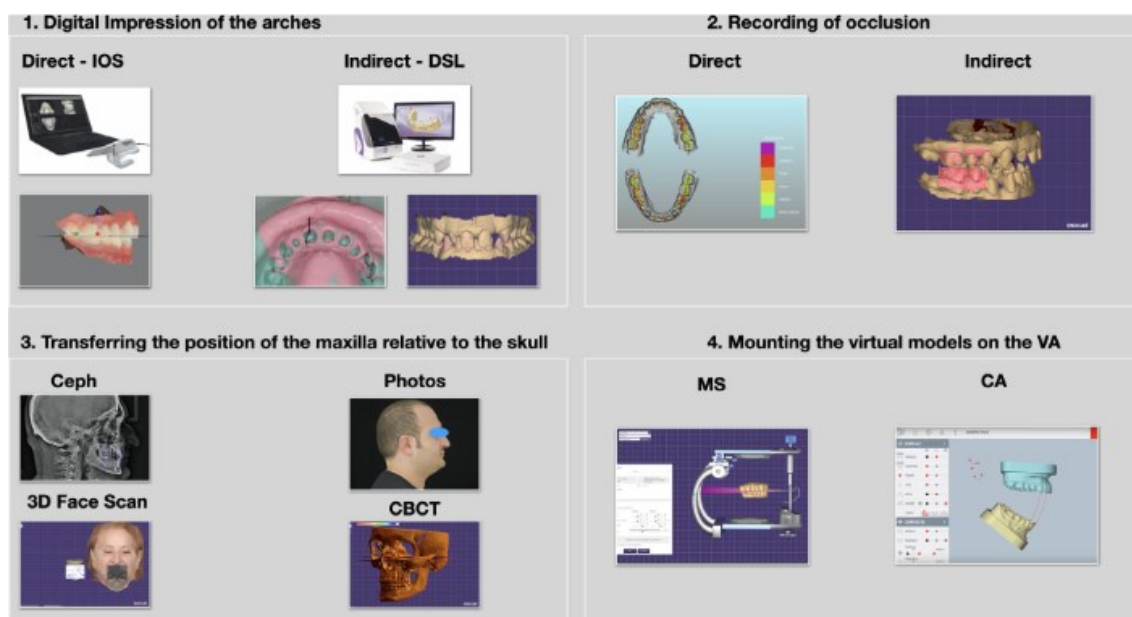


Figura 40- Sumário dos passos para a montagem do Articulador virtual. IOS = *intraoral scanning*; DLS = *desktop laser scanning*; Ceph = *cephalometric analysis*; CBCT = *cone beam computed tomography*; VA = *virtual articulator*; MS = *mathematically simulated*; CA = *completely adjustable* (Lepidi et al., 2021).

A utilidade do articulador virtual abrange procedimentos de trabalho que são limitados por um articulador mecânico convencional. O sistema oferece muitas possibilidades adequadas à integração em tecnologias CAD/CAM e preenche a lacuna entre a digitalização intraoral de dentes e o desenho assistido por computador (Buduru et al., 2020).

Vários estudos investigaram a utilidade clínica da articulação digital estática. Gartner e Kordass compararam os articuladores mecânicos e virtuais analisando os padrões de contacto em MI, porém, não analisaram detalhadamente as configurações individuais do côndilo ou de outros articuladores e nem testaram alterações nessas configurações. Acabaram por não encontrar diferenças significativas entre os articuladores mecânicos e virtuais. Outros estudos avaliaram os desvios na articulação virtual utilizando software de análise 2D ou 3D para sobrepor e calcular distorções entre imagens de modelos virtuais, mas apenas numa relação estática e em MI. Esses estudos demonstraram que a precisão entre os modelos mecânicos e virtuais era comparável. Em comum, todos esses estudos testaram a relação estática dos dentes/modelos maxilares e mandibulares na posição de MI estática. Atualmente, perante o conhecimento dos autores, não há estudos publicados sobre a veracidade e a precisão dos articuladores virtuais quando são considerados os movimentos dinâmicos e como eles são influenciados pelas diferentes configurações do articulador (Hsu et al., 2019).

Segundo os estudos realizados por Michael R. Hsu, os movimentos dinâmicos no articulador virtual demonstraram ser tão verdadeiros e precisos como no articulador mecânico. Quando ocorreram desvios, estes foram inferiores a 100 µm e, por conseguinte, estes desvios não são clinicamente relevantes (Calamita, 2022).

É importante reforçar, igualmente, a falta de ensaios clínicos a avaliar as diversas técnicas relacionadas com o posicionamento de modelos nos articuladores digitais. Estes passos requerem parâmetros padronizados para confirmar a sua exatidão e precisão, diminuindo o erros na transferência de dados para o ambiente digital, que possam comprometer o planeamento e o tratamento (Díaz et al., 2021).

7. Perspetivas futuras

Prevê-se que a medicina dentária digital cresça rapidamente nos próximos anos, à medida que os profissionais de medicina dentária e os pacientes adotam cada vez mais soluções digitais. A necessidade de dispositivos mais precisos e ergonómicos, para avaliar continuamente a função estomatognática tem vindo a aumentar nos últimos anos (Revilla-León et al., 2022).

Inovação de equipamentos e técnicas para a reabilitação oral digital podem otimizar o diagnóstico, o planeamento e a avaliação da qualidade, durabilidade da reabilitação (Coachman et al., 2021).

Um exemplo de uma hipótese mais ergonómica, para registar continuamente a posição e a atividade da mandibular poderiam fornecer um conjunto de dados importantes para detetar, avaliar e investigar o bruxismo. Além disso, poderia ser utilizado em experiências para avaliar o desgaste dentário para o desenvolvimento de próteses, avaliação da eficiência da mastigação e investigação sobre a apneia do sono e disfagia (Jucevičius et al., 2021).

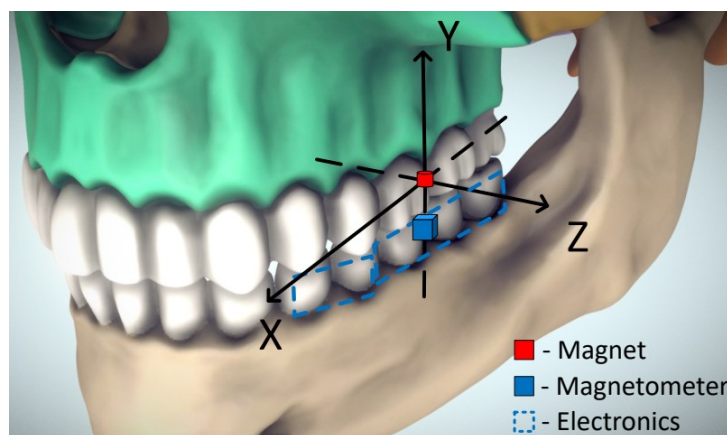


Figura 41 - Hipótese para a disposição do rastreador magnético mandibular (Jucevičius et al., 2021)

Esta hipótese, apresentada por Jucevičius e colegas, trata-se de um sistema de rastreio idealizando o uso de ímãs. Este sistema poderia ser complementado com a deteção acelerométrica do impacto dos dentes. Os magnetómetros e acelerómetros mais recente, estão agora disponíveis em dispositivos integrados, pequenos e de baixo consumo energético, denominados unidades de medição de inércia (IMU). Estas IMUs estão a ser projetadas para utilização em aparelhos intraorais, oferecendo a possibilidade de determinar a posição relativa da mandíbula através de equações de um campo magnético gerado (Jucevičius et al., 2021).

Podem ser utilizadas para registrar os movimentos da mandíbula e a oclusão dinâmica durante períodos prolongados, ultrapassando o período da consulta, para identificar comportamentos patológicos e apresentar as trajetórias prevalentes do bruxismo. Esta informação específica do paciente seria útil para o diagnóstico, tratamento e se necessário posterior reabilitação dentária (Jucevičius et al., 2021).

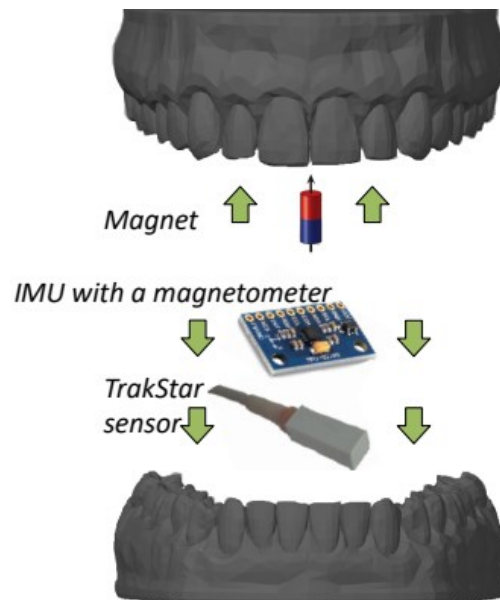


Figura 42 - *Set-up* experimental para teste do sistema (Jucevičius et al., 2021)

Outra ferramenta que tem apresentado uma relevante insurgência nos últimos anos é a inteligência artificial (IA). Na medicina dentária digital, a IA pode auxiliar os médicos dentistas a diagnosticar, planejar, conceber e execução tratamentos dentários de forma mais eficaz e eficiente (Revilla-León et al., 2022).

Diferentes formas de IA estão a começar a afetar a medicina dentária, tais como o melhoramento de imagens de radiologia, a identificação de quistos e tumores, o diagnóstico de lesões peri apicais e a localização da anatomia radicular para endodontia e diagnóstico de periodontite, bem como a automatização da localização de pontos cefalométricos em ortodontia (Revilla-León et al., 2022).

Os algoritmos de IA podem servir como ferramentas de diagnóstico eficazes para identificar implantes dentários em imagens radiográficas, prever a longevidade dos implantes ou ajudar na otimização de desenhos de implantes dentários (Revilla-León et al., 2023).

Estão a ser desenvolvidas novas aplicações de IA para a reabilitação oral. Porém, para alcançar todo o potencial da IA na reabilitação e medicina dentária restauradora, é necessário categorizar e caraterizar sistematicamente o desenvolvimento, o desempenho e as limitações da IA. Embora tenha sido efetuada alguma avaliação, são necessário mais estudos (Revilla-León et al., 2022).

A medicina dentária digital garante possibilidades inovadoras no futuro, não só para aperfeiçoar a qualidade dos cuidados, mas também para melhorar a experiência e a satisfação dos pacientes (Coachman et al., 2021).

III. CONCLUSÃO

A implementação da medicina dentária digital na prática clínica envolve mais do que a simples aquisição de equipamento. É decisivo compreender a funcionalidade do dispositivo, as subtilezas tecnológicas, as complexidades processuais e a integração do mesmo na prática clínica.

As fases clínicas e laboratoriais primordiais da reabilitação dentária foram drasticamente transformadas pela implementação de novas ferramentas digitais que facilitam a aquisição de dados, a comunicação entre equipas, o diagnóstico e o planeamento de tratamentos, bem como a conceção e o fabrico de restaurações, guias, etc.

Os médicos dentistas, por sua vez, também conseguiram otimizar as suas práticas, minimizando o tempo e o número de consultas, acelerando o trabalho protético e melhorando o conforto do paciente.

Desta forma, a utilização de *softwares* que integram todas as etapas de diagnóstico, planeamento, projeto e fabricação digital, como os articuladores digitais, dispositivos de rastreamento mandibular e de análise oclusal para incluir parâmetros funcionais no processo de planeamento e tratamento digital da reabilitação oral, demonstram ser tópicos pertinentes e contemporâneo na medicina dentária.

Os articuladores digitais proporcionam uma maior precisão e um detalhe abrangente, capaz de simplificar e assegurar diagnósticos mais precisos na conceção e execução de reabilitações orais. O seu potencial de utilização a longo prazo é promissor, uma vez que tem vindo a sofrer várias modificações para otimizar as suas funções e melhorar a sua eficácia na reabilitação dentária na era digital.

A medicina dentária digital tem vindo a evoluir significativamente desde a sua génese e o futuro reserva oportunidades inovadoras e promissoras para melhorar o desempenho dos profissionais de medicina dentária.

A título de conclusão, a aplicação de articuladores digitais e fluxos de trabalho para o planeamento de reabilitações orais é um mecanismo crucial para garantir um diagnóstico preciso e seguro. É importante que os médicos dentistas se mantenham atualizados em relação aos avanços tecnológicos e à sua implementação nas práticas clínicas. No entanto, é necessária uma redução no custo dos equipamentos tecnológicos,

e mais estudos devem focar o acompanhamento dos casos atendidos por essa nova abordagem de trabalho para validar sua eficácia.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Adam Szentpétery. (1997). Computer Aided Dynamic Correction of Digitized Occlusal Surfaces. *Journal of Gnathology*, 16,53-60.
- Ahuja, S., Scarbecz, M., Balch, H., & R Cagna, D. (2017). Verification of the Accuracy of Electronic Mandibular Movement-recording Devices: An in vitro Investigation. *International Journal of Experimental Dental Science*, 6(2), 84–94. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10029-1162>
- Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(2), 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2016.01.003>
- Biasotto-Gonzalez. (2005). *Abordagem interdisciplinar das disfunções temporomandibulares* (1a ed.). Editora Manole.
- Bisler, A., Bockholt, U., & Voss, G. (2002). The Virtual Articulator—Applying VR technologies to dentistry. *Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation*, 600–602. <https://doi.org/10.1109/IV.2002.1028835>
- Blatz, M. B., & Conejo, J. (2019). The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dental Clinics of North America*, 63(2), 175–197. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.11.002>
- Buduru, S., Finta, E., Almasan, O., Fluerasu, M., Manziuc, M., Iacob, S., Culcitchi, C., & Negucioiu, M. (2020). Clinical occlusion analysis versus semi-adjustable articulator and virtual articulator occlusion analysis. *Medicine and Pharmacy Reports*. <https://doi.org/10.15386/mpr-1595>
- Calamita, M. (2022). *Estética em Função—Integrando os Principios Oclusais na Construção do Sorriso* (1ª). Napoleão Editora.

- Cattoni, F., Mastrangelo, F., Gherlone, E. F., & Gastaldi, G. (2016). A New Total Digital Smile Planning Technique (3D-DSP) to Fabricate CAD-CAM Mockups for Esthetic Crowns and Veneers. *International Journal of Dentistry*, 2016, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2016/6282587>
- Cervino, G., Fiorillo, L., Arzukanyan, A., Spagnuolo, G., & Cicciù, M. (2019). Dental Restorative Digital Workflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function. *Dentistry Journal*, 7(2), 30. <https://doi.org/10.3390/dj7020030>
- Chang, W. S. W., Romberg, E., Driscoll, C. F., & Tabacco, M. J. (2004). An in vitro evaluation of the reliability and validity of an electronic pantograph by testing with five different articulators. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(1), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.04.011>
- Cimić, S., Simunković, S. K., & Catić, A. (2016). The relationship between Angle type of occlusion and recorded Bennett angle values. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(6), 729–735. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.11.005>
- Coachman, C., & Calamita, M. (2012). *Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry*.
- Coachman, C., Sesma, N., & Blatz, M. B. (2021). The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 16(1), 34–49.
- Dawson, P. E. (2007). *Functional occlusion: From TMJ to smile design*. Mosby.
- D’haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2017). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*, 73(1), 121–133. <https://doi.org/10.1111/prd.12175>
- Di Fiore, A., Monaco, C., Brunello, G., Granata, S., Stellini, E., & Yilmaz, B. (2021). Automatic Digital Design of the Occlusal Anatomy of Monolithic Zirconia

- Crowns Compared to Dental Technicians' Digital Waxing: A Controlled Clinical Trial. *Journal of Prosthodontics*, 30(2), 104–110.
<https://doi.org/10.1111/jopr.13268>
- Díaz, P., Muñoz Solís, J., & Contreras Diez de Medina, D. (2021). Herramientas digitales para la obtención de registros, posicionamiento y articulación virtual de modelos. *Odontología Sanmarquina*, 24(1), 75–83.
<https://doi.org/10.15381/os.v24i1.19699>
- Dupas, P.-H. (2012). *L'articulateur au quotidien: Son utilisation simplifiée*. Éd. CdP.
- Ferro, K. J. (Ed.). (2017). The Glossary of Prosthodontic Terms. Em *The Journal of Prosthetic Dentistry* (Vol. 117, pp. C1-e105).
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391316306837>
- Flügge, T., Kramer, J., Nelson, K., Nahles, S., & Kernen, F. (2022). Digital implantology—a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02057-w>
- Fung, L., & Brisebois, P. (2020). Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic Dental Practice. *Dental Clinics of North America*, 64(4), 645–657.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2020.07.003>
- Gärtner, C., & Kordass, B. (2003). The virtual articulator: Development and evaluation. *International Journal of Computerized Dentistry*, 6(1), 11–24.
- Goldstein, G., & Goodacre, C. (2023). Selecting a Virtual Articulator: An Analysis of the Factors Available with Mechanical Articulators and their Potential Need for Inclusion with Virtual Articulators. *Journal of Prosthodontics*, 32(1), 10–17.
<https://doi.org/10.1111/jopr.13517>

- Güth, J.-F., Keul, C., Stimmelmayer, M., Beuer, F., & Edelhoff, D. (2013). Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Invest.*
- Hobo, S., Shillingburg, H. T., & Whitsett, L. D. (1976). Articulator selection for restorative dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 36(1), 35–43.
[https://doi.org/10.1016/0022-3913\(76\)90231-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(76)90231-6)
- Hsu, M. R., Driscoll, C. F., Romberg, E., & Masri, R. (2019). Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *Journal of Prosthodontics*, 28(4), 436–443. <https://doi.org/10.1111/jopr.13035>
- Jain, S., Sayed, M. E., Shetty, M., Alqahtani, S. M., Al Wadei, M. H. D., Gupta, S. G., Othman, A. A. A., Alshehri, A. H., Alqarni, H., Mobarki, A. H., Motlaq, K., Bakmani, H. F., Zain, A. A., Hakami, A. J., & Sheayria, M. F. (2022). Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*, 14(13), 2691.
<https://doi.org/10.3390/polym14132691>
- Jakubowska, S., Szerszeń, M., & Kostrzewa-Janicka, J. (2023). Jaw motion tracking systems – literature review. *Prosthodontics*, 73(1), 18–28.
<https://doi.org/10.5114/ps/162663>
- Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1), 124.
<https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>
- Jucevičius, M., Ožiūnas, R., Mažeika, M., Marozas, V., & Jegelevičius, D. (2021). Accelerometry-Enhanced Magnetic Sensor for Intra-Oral Continuous Jaw Motion Tracking. *Sensors*, 21(4), 1409. <https://doi.org/10.3390/s21041409>

- Julio, A., & Neto, F. (2017). *ARTICULADORES - MONTAGEM DE MODELOS DE ESTUDO EM ARTICULADOR CLASSE III SEMI-AJUSTÁVEL - ASA*.
- Kim, J.-E., Park, J.-H., Moon, H.-S., & Shim, J.-S. (2019). Complete assessment of occlusal dynamics and establishment of a digital workflow by using target tracking with a three-dimensional facial scanner. *Journal of Prosthodontic Research*, 63(1), 120–124. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.10.003>
- Kois, J. C., Kois, D. E., & Chaiyabutr, Y. (2013). Occlusal errors generated at the maxillary incisal edge position related to discrepancies in the arbitrary horizontal axis location and to the thickness of the interocclusal record. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(5), 414–419. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.06.005>
- Kollmuss, M., Jakob, F.-M., Kirchner, H.-G., Ilie, N., Hickel, R., & Huth, K. C. (2013). Comparison of biogenetically reconstructed and waxed-up complete occlusal surfaces with respect to the original tooth morphology. *Clinical Oral Investigations*, 17(3), 851–857. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0749-6>
- Koralakunte, P. R. (2014). The Role of Virtual Articulator in Prosthetic and Restorative Dentistry. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8929.4648>
- Lepidi, L., Galli, M., Mastrangelo, F., Venezia, P., Joda, T., Wang, H., & Li, J. (2021). Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *Journal of Prosthodontics*, 30(1), 24–35. <https://doi.org/10.1111/jopr.13240>
- Lepidi, L., Suriano, C., Wang, H.-L., Granata, S., Joda, T., & Li, J. (2022). Digital fixed complete-arch rehabilitation: From virtual articulator mounting to clinical delivery. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(3), 398–403. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.08.049>

- Li, Q., Bi, M., Yang, K., & Liu, W. (2021). The creation of a virtual dental patient with dynamic occlusion and its application in esthetic dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(1), 14–18.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.08.026>
- Lynch, C. D., & McConnell, R. J. (2002). Prosthodontic management of the curve of Spee: Use of the Broadrick flag. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6), 593–597. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.125178>
- Manfredini, D., & Poggio, C. E. (2017). Prosthodontic planning in patients with temporomandibular disorders and/or bruxism: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(5), 606–613.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.012>
- Marques, S., Ribeiro, P., Gama, C., & Herrero-Climent, M. (2022). Digital guided veneer preparation: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, S002239132200381X. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.04.035>
- Milosevic, A. (2003). Occlusion: 1. Terms, Mandibular Movement and the Factors of Occlusion. *Dental Update*, 30(7), 359–361.
<https://doi.org/10.12968/denu.2003.30.7.359>
- Mohl, D., & Lund, P. (1990). *disorders. Part I: Introduction*,.
- Nagy, W. W., & Goldstein, G. R. (2019). Facebook Use in Clinical Prosthodontic Practice. *Journal of Prosthodontics*, 28(7), 772–774.
<https://doi.org/10.1111/jopr.12944>
- Naqash, T., Chaturvedi, S., Yaqoob, A., Saquib, S., Addas, M., & Alfarsi, M. (2020). Evaluation of sagittal condylar guidance angles using computerized pantographic tracings, protrusive interocclusal records, and 3D-CBCT imaging

- techniques for oral rehabilitation. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 23(4), 550. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_544_19
- Okeson, J. P. (2020). *Management of temporomandibular disorders and occlusion* (8th edition). Mosby.
- Özdemir, G., Albayrak, B., Yüzbaşıoğlu, E., & Ölçer Us, Y. (2021). Virtual Articulators, Virtual Occlusal Records and Virtual Patients in Dentistry. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 38(SI-2), 129–135. <https://doi.org/10.52142/omujecm.38.si.dent.9>
- Park, J. H., Lee, G.-H., Moon, D.-N., Kim, J.-C., Park, M., & Lee, K.-M. (2021). A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 849–853. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.04.002>
- Piedra-Cascón, W., Fountain, J., Att, W., & Revilla-León, M. (2021). 2D and 3D patient's representation of simulated restorative esthetic outcomes using different computer-aided design software programs. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 143–151. <https://doi.org/10.1111/jerd.12703>
- Pramod, J., Bhat, GS, & Dixit, S. (2008). *Selection of articulator for general dental practice*.
- Preiskel, H. W., & Goldstein, G. (2021). The Clinical Significance of Immediate Mandibular Lateral Translation: Critically Appraised Topic (CAT). *Journal of Prosthodontics*, 30(S1), 64–66. <https://doi.org/10.1111/jopr.13317>
- Qadeer, S., Kerstein, R., Kim, R. J. Y., Huh, J.-B., & Shin, S.-W. (2012). Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 4(1), 7. <https://doi.org/10.4047/jap.2012.4.1.7>

Revilla-Leon, M., Dean E. Kois, Jonathan M. Zeitler, Wael Att, & John C. Kois. (2023).

An overview of the digital occlusion technologies: Intraoral scanners, jaw tracking systems, and computerized occlusal analysis devices.

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, A. B., Özcan, M., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2022). Artificial intelligence applications in restorative dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(5), 867–875. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.010>

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, B. A., Galluci, G. O., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2023). Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.008>

Rouvière, H., & Delmas, A. (2005). *Articulationes de la Cabeza y del Cuello* (11a ed.). Elsevier.

Salaorni, C., & Palla, S. (1994). Condylar rotation and anterior translation in healthy human temporomandibular joints. *Schweizer Monatsschrift Fur Zahnmedizin = Revue Mensuelle Suisse D'odonto-Stomatologie = Rivista Mensile Svizzera Di Odontologia E Stomatologia*, 104(4), 415–422.

Santos, I. C. T. (2005). *Desenvolvimento de um Sistema Protótipo para a Aquisição e Análise do Movimento Mandibular.*

Saracutu, O. I., Pollis, M., Cagidiaco, E. F., Ferrari, M., & Manfredini, D. (2023). Repeatability of Teethan® indexes analysis of the masseter and anterior temporalis muscles during maximum clenching: A pilot study. *Clinical Oral Investigations*. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05150-8>

- Shreshta, P., Jain, V., Bhalla, A., & Pruthi, G. (2012). A comparative study to measure the condylar guidance by the radiographic and clinical methods. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 4(3), 153. <https://doi.org/10.4047/jap.2012.4.3.153>
- Sivam, S., & Chen, P. (2023). Anatomy, Occlusal Contact Relations And Mandibular Movements. Em *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570625/>
- Small, B. W. (2005). Pretreatment wax-ups and provisionals for restorative dentistry. *General Dentistry*, 53(2), 98–100.
- Şoaita, C., & Popşor, S. (2011). *COMPUTER ANALYSIS OF FUNCTIONAL PARAMETERS AND DENTAL OCCLUSION*. <https://doi.org/10.1007/s10266-008-0096-x>
- Solaberrieta, E., Arias, A., Barrenetxea, L., Etxaniz, O., Minguez, R., & Muniozguren, J. (2010). *A VIRTUAL DENTAL PROSTHESES DESIGN METHOD USING A VIRTUAL ARTICULATOR*.
- Solaberrieta, E., Barrenetxea, L., Minguez, R., Iturrate, M., & De Prado, I. (2018). Registration of mandibular movement for dental diagnosis, planning and treatment. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 12(3), 1027–1038. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0438-4>
- Solaberrieta, E., Minguez, R., Barrenetxea, L., Sierra, E., & Etxaniz, O. (2013). Novel methodology to transfer digitized casts onto a virtual dental articulator. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6(2), 149–155.
<https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2013.02.004>
- Solaberrieta, E., Otegi, J. R., Goicoechea, N., Brizuela, A., & Pradies, G. (2015). Comparison of a conventional and virtual occlusal record. *The Journal of*

Prosthetic Dentistry, 114(1), 92–97.

<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.01.009>

Úry, E., Fornai, C., & Weber, G. W. (2020). Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(2), 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.019>

Urzal, V. (2009). *Estética e Articuladores nas Reabilitações Orais* (Do Autor).

MEDISA - Edições e divulgações Científicas, Lda.

Zagalo, C., dos Santos, J, Cavacas, A, Silva, A, Evangelista, J, Oliveira, P, & Tavares, V. (2010). *Anatomia da cabeça e pescoço e anatomia dentária*. Egas Moniz Publicações.

Anexo 1 - Autorização para a utilização de informação e imagens do livro ESTÉTICA EM FUNÇÃO.



Marcelo Calamita <mcalamita@uol.com.br>
Para: Você

seg. 04/09/2023 15:46

Prezado João,

Fico muito feliz em poder ajudá-lo. Que bom que as imagens do livro serão de utilidade. Na verdade, um dos meus objetivos era este mesmo.

Fique à vontade, utilize as imagens que precisar. Somente peço que coloque a referência:

Calamita MA. *ESTÉTICA EM FUNÇÃO: Integrando os Princípios Oclusais na Construção do Sorriso*. Napoleão Editora / Quintessence Publishing Brasil. 2022

Desejo muito sucesso nesta apresentação e em sua vida profissional.

Abraço!

Marcelo

...

[Responder](#) [Reencaminhar](#)



João Freitas
Para: mcalamita@uol.com.br

seg. 04/09/2023 09:12