



Ceidis Zulema Hernández Carralero

**Comparação entre Sistemas Estereofotogramétricos e Convencionais na
Captação de Posicionamento de Implantes em Reabilitações Totais**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Medicina Dentária

Porto, 2024

Ceidis Zulema Hernández Carralero

**Comparação entre Sistemas Estereofotogramétricos e Convencionais na
Captação de Posicionamento de Implantes em Reabilitações Totais**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Medicina Dentária
Porto, 2024

Ceidis Zulema Hernández Carralero

Comparação entre Sistemas Estereofotogramétricos e Convencionais na
Captação de Posicionamento de Implantes em Reabilitações Totais

*Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária.*

Atesto a originalidade do trabalho,

Ceidis Z. Hernández Carralero

RESUMO

Em reabilitações totais implanto suportadas, a falta de ajuste passivo entre implante e a prótese é uma das principais causas de complicações técnicas. As moldagens para implantes são etapas críticas na implantologia, podendo introduzir erros nas fases iniciais da reabilitação, se feitas de forma imprecisa.

Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática atualizada, seguindo as diretrizes PRISMA, para avaliar a precisão de impressões convencionais e estereofotogramétricas em reabilitações totais implanto-suportadas. Usando a estrutura PICO, a pesquisa abrangeu quatro bases de dados (PubMed, ScienceDirect, Cochrane e Google Scholar) até agosto de 2023.

Foram analisados 13 estudos, incluindo avaliação de risco de viés. Nos estudos *in vitro*, todos apresentaram um baixo risco de viés, evidenciando robustez metodológica. Nos estudos *in vivo*, a qualidade metodológica variou, exigindo uma interpretação crítica mais exaustiva.

Os resultados demonstraram elevada heterogeneidade, sublinhando a importância da padronização em estudos futuros para fornecer resultados mais confiáveis e comparáveis. O método de impressão convencional e a estereofotogrametria são relatadas como tendo precisão similar para registrar as posições dos implantes em situações de reabilitações totais. A posição, o número de implantes e angulações geralmente não interferem com a precisão da estereofotogrametria, mas a distância interimplantes demonstrou ter alguma influência.

Conclui-se que a estereofotogrametria oferece uma alternativa tecnológica para as moldagens convencionais, destacando a importância da integração da digitalização dos tecidos moles para otimizar a eficiência. Contudo, são essenciais estudos clínicos adicionais com amostragem mais abrangente e protocolos robustos para validar estas observações.

Palavras-chaves: “Precisão”; “Reabilitações totais implanto-suportadas”; “Estereofotogrametria”; “Impressões Convencionais”.

ABSTRACT

In implant-supported total rehabilitations, the lack of passive adjustment between the implant and the prosthesis is one of the main causes of technical complications. Implant impressions are critical stages in implantology and can introduce errors in the initial phase of rehabilitation if done inaccurately.

This study aims to conduct an up-to-date systematic review following the PRISMA guidelines to evaluate the accuracy of conventional and stereophotogrammetry impressions in implant-supported total rehabilitations. Using the PICO structure, the research covered four databases (PubMed, ScienceDirect, Cochrane, and Google Scholar) up to August 2023.

Thirteen studies were analyzed, including bias risk assessment. All the in vitro studies showed a low risk of bias, demonstrating methodological robustness. In the in vivo studies, the methodological quality varied, requiring a more exhaustive critical interpretation.

The results showed high heterogeneity, emphasizing the importance of standardization in future studies in order to provide more reliable and comparable results. The conventional method and stereophotogrammetry are reported to have similar accuracy for recording implant positions in total rehabilitation situations. Position, number of implants, and angulations generally do not interfere with the accuracy of stereophotogrammetry, but the distance between implants has been shown to have some influence.

It is concluded that stereophotogrammetry offers a technological alternative to conventional impressions, highlighting the importance of integrating soft tissue digitalization to optimize efficiency. However, additional clinical studies with broader sampling and robust protocols are essential to validate these observations.

Keywords: "Accuracy"; "Implant-supported total rehabilitations"; "Stereophotogrammetry"; "Conventional Impressions".

DEDICATORIA

A ti Avô, por seres o meu grande pilar, que sempre cuidou de mim para ser uma pessoa e profissional melhor, enchendo-a de orgulho onde quer que esteja. Obrigada por teres acreditado em mim sempre. És a estrelinha que mais brilha no céu.

Agradeço à minha mãe, Mirelys, por estar sempre presente e lutar com todas as suas forças por um futuro melhor, sendo um modelo de coragem, força e determinação.

Ao meu esposo Gerardo e fiel confidente da vida, cheio de amor, conselhos e aventuras, um dos pilares com os quais me sinto sortuda por compartilhar cada dia e cada pedacinho do meu coração.

Ao meu pai de coração, Manuel, pelo seu apoio incondicional e carinho dedicado em construir a pessoa que sou hoje.

Em geral, à minha família, ao meu irmão, que amo com todo o meu coração, sendo um dos motores que me impulsiona a crescer a cada dia, à minha sobrinha Mayrelis, cuja força e fé na vida me guiam, ao meu avo Rolando, à minha sogra pelo seu carinho e apoio, ao meu tio querido, à minha irmã querida Joshelyn, à minha cunhada preciosa e talentosa Daniela.

A minha amiga Karen, por a escuta, têm sido minha rede de apoio e minha fonte de risos.

Ao meu binômio e compi Abigail, pela amizade, por me levar à universidade, me apresentar o McFlurry e demonstrar seu apoio mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos do Flix Braga, Cintia, Vivian, Arnilton e Fábio, sem vocês, o caminho não teria sido tão divertido.

Ao meu orientador, o Dr. João Gião que mostrou desde o início a sua disponibilidade para a realização deste projeto, pelos conselhos e aprendizagem ao longo deste percurso. O meu muito obrigada.

E a todos os professores, que de alguma forma contribuíram para este percurso e aprendizagem constante.

A todos aqueles que sabem que me apoiaram nesta grande jornada, a minha grande obrigada.

ÍNDICE

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xi
I. INTRODUÇÃO	1
1.1 Método Convencional	2
1.2 Método Digital com <i>Scanner</i> Intraoral.....	4
1.3 Método Digital com Estereofotogrametria.....	6
II. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1 Considerações éticas	10
2.2 Estratégia de pesquisa	10
2.3 Seleção de estudos.....	11
2.4 Risco de viés	12
2.5 Heterogeneidade.....	14
2.6 Análise e síntese dos dados	14
III. RESULTADOS	16
3.1 Descrição dos estudos	21
3.1.1 Estudos <i>In Vitro</i>	21
3.1.2 Estudos <i>In Vivo</i>	21
3.2 Tolerância e níveis aceitáveis de desajuste na <i>interface</i> implante-pilar.....	22
3.3 Discrepância e o desvio 3D	23
3.4 Discrepâncias lineares e angulares	26
3.5 Distância interimplantar (IID) e angulações (IIA)	29
3.6 Posição e o número de implantes	30
3.7 Tempos de trabalho e a satisfação do paciente e do médico dentista.....	32
3.8 Avaliação clínica	32
IV. DISCUSSÃO.....	34
V. CONCLUSÃO	38
BIBLIOGRAFIA.....	39
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Sistemas estereofotogramétricos disponíveis comercialmente para registrar posições de implantes 3D.....	9
Tabela 2 Critérios de inclusão e exclusão.....	11
Tabela 3 Resumo dos estudos incluídos.....	16
Tabela 4 Resumo de sistema de implantes usados.....	16
Tabela 5 Estudos <i>in vitro</i>	17
Tabela 6 Estudos <i>in vivo</i>	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama ilustrando os princípios dos dispositivos de medição por luz estruturada, (Lee SJ <i>et al.</i> , 2014).....	4
Figura 2 Ilustração de possíveis erros quando uma camada de água é depositada sobre a superfície dum objeto, (Lee SJ <i>et al.</i> , 2014).....	5
Figura 3 a. Triangulação de ponto único (técnica de triangulação passiva), (Willomitzer, F. (2019); b. Triangulação de vários pontos (Uma câmara, várias fotografias), (Geoditic Systems, 2020)	7
Figura 4 A: Baixa veracidade, baixa precisão, B: Baixa veracidade, alta precisão, C: Alta veracidade, baixa precisão, D: Alta veracidade, alta precisão.....	8
Figura 5 Diagrama de fluxo PRISMA (<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis</i>).....	15

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

3D Tridimensional

PICO Participantes, Intervenção, Comparação, Resultados

CAD/CAM Design Assistido por Computador/Fabrico Assistido por Computador

CMM Máquina de Medição de Coordenadas

CNV Método Convencional

GMGX Geomagic Control X

IOS Scanner Intraoral

IIA Angulações Inter-Implantes

IID Distâncias Inter-Implantes

ISO Organização Internacional de Normalização

JBI Instituto Joanna Briggs

MeSH Descritores de Assunto Médico

PVS Silicone de Polivinil

RMS Média Quadrática das Raízes

PG Fotogrametria

PIC Captura de Implantes Precisos

PRISMA Itens de Relato Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises

RCT Ensaio Clínico Randomizado

RoB Risco de Viés

SIG Significância

STL Linguagem de Tesselação Padrão

SD Desvio Padrão

SPG Estereofotogrametria

µm Micrômetro/micra

I. INTRODUÇÃO

Com a constante evolução das técnicas em Medicina Dentária, as próteses totais implanto suportadas representam uma significativa melhoria na qualidade de vida comparativamente com as próteses convencionais, tornando-se a opção de tratamento mais viável para pacientes edêntulos. Um dos principais desafios dessa abordagem terapêutica é a transferência precisa da informação sobre a posição dos implantes para garantir a precisão do ajuste das estruturas protéticas. (Mangano F *et al.*, 2017).

O Glossário de Prótese Dentária, na sua nona edição (2017), define a impressão na medicina dentária como "uma semelhança negativa ou cópia invertida da superfície de um objeto; uma impressão dos dentes e estruturas adjacentes". Em ambiente clínico, o objetivo de uma impressão envolve a transferência das dimensões dos tecidos moles e duros da boca do paciente para um modelo tridimensional. A prótese ou reabilitação protética feita a partir do molde ou modelo virtual criado dessa impressão deve ser o mais próximo possível de uma cópia exata da boca do paciente, (Müller P *et al.*, 2016). Isso significa que um registo preciso e não distorcido da situação clínica é necessário, seja usando uma técnica convencional ou digital.

Em reabilitações totais implanto suportadas, a falta de ajuste passivo entre o implante e a prótese é uma das principais causas de complicações técnicas. As moldagens para implantes são etapas críticas na implantologia, podendo introduzir erros nas fases iniciais de desenvolvimento da reabilitação se feitas de forma imprecisa. Dentro do método convencional as moldagens com moldeira aberta são as mais precisas, embora proporcionem resultados clínicos aceitáveis, estas apresentam vários procedimentos complexos e demorados, além de serem menos confortáveis para o paciente (Bacchi A *et al.*, 2013).

Apesar do encaixe passivo ser um conceito difícil de definir, é descrito como a folga mínima entre o implante ou o pilar e a estrutura protética, que permite uma conexão sem causar stresse quando cargas funcionais ou parafuncionais não são exercidas sobre o complexo prótese/pilar/parafuso/implante (Assunção WG *et al.*, 2011). Complicações mecânicas que podem surgir devido às forças de tensão, compressão e flexão resultantes de um ajuste comprometido incluem afrouxamento e/ou fratura do parafuso, bem como fraturas da

prótese, o pilar e o implante. Um ajuste inadequado também pode resultar em complicações biológicas devido à folga existente entre a prótese e o implante, que pode acumular microrganismos que afetam os tecidos de suporte e causam mucosite ou peri-implantite (Bacchi A *et al.*, 2013).

Jemt T e Lie A, (1995) definiram o ajuste passivo como o nível de precisão que não causa complicações a longo prazo, considerando uma discrepância máxima de 150 µm como clinicamente aceitável, o que a presente revisão também considerará. O ajuste passivo depende de diferentes fatores, porém a parte mais crítica é a replicação precisa da localização tridimensional (3D) de implantes ou pilares.

Por meio dos últimos desenvolvimentos tecnológicos, a digitalização intraoral (IOS) é uma técnica amplamente usada, mas não é suficientemente precisa para arcadas totais implanto-suportadas. Embora a precisão dos *scanners* intraorais seja reconhecida para coroas unitárias e reabilitações parciais, as impressões em arcadas totais implanto-suportadas não são suficientemente precisas para aplicação clínica, uma vez que, as técnicas convencionais apresentam melhores resultados nesses cenários (Drancourt N. *et al.*, 2023).

A tecnologia de estereofotogrametria pode ser considerada uma alternativa mais precisa e menos complexa do que as técnicas convencionais de impressão, especialmente para o tratamento na reabilitação total implanto suportadas (Revilla-León M *et al.*, 2020).

A estereofotogrametria apresenta algumas vantagens, uma vez que, o procedimento de aquisição não é influenciado por fatores externos, como a angulação interimplantar, o tipo de corpo do implante, a experiência do operador, o grau de mobilidade dos tecidos moles, o ambiente, a saliva, o sangue, o vapor, o número e posição 3D dos corpos do implante ou a presença de áreas desdentadas etc. (Peñarrocha-Diago M *et al.*, 2017).

1.1 Método Convencional

Um fluxo de trabalho convencional depende de uma impressão de moldeira fechada ou aberta, exigindo materiais como silicone ou poliéster para executá-la. Para pacientes completamente desdentados as impressões de moldeira aberta são as mais precisas dentro do

método convencional de acordo com alguns autores (Lee YJ *et al.*, 2009; Hsu CC *et al.*, 1993).

As impressões convencionais são consideradas o padrão ouro em algumas situações clínicas e a técnica mais comumente aplicada na medicina dentária. No entanto, o risco de deformação das impressões durante a impressão convencional ou moldagem aumenta significativamente durante as reabilitações totais implanto-suportadas, o que, por sua vez, contribui para a falta de adaptação passiva da estrutura em relação ao implante., (Wennerberg A *et al.*, 2011).

Na reabilitação total implanto suportada, a passividade da estrutura é um requisito essencial para a sobrevivência a longo prazo do implante e da restauração protética. A passividade é ainda mais importante para uma prótese retida por parafuso, onde as tensões são aplicadas durante o processo de aparafusamento para alinhar as superfícies da prótese e do implante. A transferência precisa da relação tridimensional do implante intraoral para o modelo mestre é uma etapa essencial para alcançar um ajuste passivo, (Vigolo P *et al.*, 2004).

Até o momento, muitos fatores clínicos afetam a precisão das impressões dentárias, entre eles estão: O tipo de molde (padrão ou personalizado, metal ou descartável), a técnica de impressão (uma ou duas etapas), o material de impressão usado (características hidrofóbicas ou hidrofílicas, distorção, estabilidade dimensional, elasticidade, etc.), métodos de mistura, desinfecção da impressão, métodos de vazamento, propriedades do gesso dental (expansão), etc. (Lee SJ *et al.*, 2015).

Para próteses fixas suportadas por implantes, as impressões podem ser feitas ao nível do implante ou ao nível do pilar. A precisão das impressões e da reabilitação final, pode variar como resultado de variações e combinações de diferentes técnicas, como impressões com moldeira aberta ou fechada. A técnica de impressão com moldeira aberta é recomendada para próteses fixas sobre implantes proporcionando resultados aceitáveis. No entanto, esta técnica de impressão requer mais procedimentos, logo mais tempo, o que acaba por ser menos confortável tanto para o médico quanto para o paciente. (Michalakis KX *et al.*, 2012; Kim S *et al.*, 2006)

Por esta razão, é necessária uma tecnologia capaz de registrar as posições dos implantes com maior precisão, sem ser influenciada pelos fatores acima mencionados. Em 1994, a implantologia assistiu à introdução da tecnologia de estereofotogrametria para detetar a adaptação marginal entre a prótese e os implantes. Em (1999), Jemt T *et al.* relataram que a tecnologia de estereofotogrametria poderia registrar com sucesso as posições da réplica do implante de um molde de mandíbula desdentada.

1.2 Método Digital com *Scanner* Intraoral

As técnicas de impressão digital tornaram-se mais populares na medicina dentária com o surgimento da tecnologia CAD/CAM, (Muller P *et al.*, 2016). Os *scanners* intraorais, equipados com tecnologia de fotografia ou vídeo digital, permitem capturar diretamente dados a partir de imagens produzidas por uma luz laser refletida nos dentes e nos tecidos moles da cavidade oral, (Garcia-Gil I *et al.*, 2020).

O conceito de *scanner* intraoral baseia-se na luz estruturada. Esta técnica de triangulação ativa consiste em projetar uma sequência de faixas alternadas de luz e sombra sobre a superfície de um objeto, seguida pela extração da geometria 3D do corpo através das deformações de cada padrão. A distância entre o *scanner* e a superfície do objeto é então calculada analisando as bordas de cada linha no padrão (Huang R *et al.*, 2020).

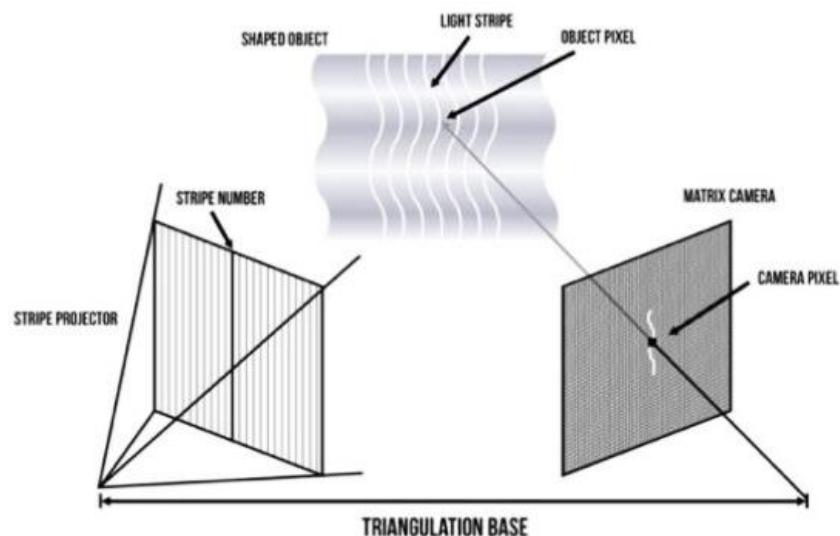


Figura 1 Diagrama ilustrando os princípios dos dispositivos de medição por luz estruturada, (Lee SJ *et al.*, 2014).

A partir de *scanners* intraorais (IOS) é possível obter um arquivo STL de todas as estruturas intraorais definindo cada novo ponto 3D capturado sem uma referência fixa aos demais pontos do arquivo STL resultante. O processo de *scanner* de implantes depende da colocação dos marcadores óticos sobre os implantes ou pilares para transferir a suas posições tridimensionais ao sistema digital, o que captura dados brutos como nuvens de pontos. Uma nuvem de pontos é um conjunto de pontos de dados no espaço onde cada ponto é definido pelas coordenadas X, Y e Z, e corresponde a uma posição na superfície duma forma ou objeto 3D, (Garcia-Gil I *et al.*, 2020).

Embora o *scanner* intraoral tenha muitas vantagens, a quantidade de junções envolvidas no processo de *scanner* gera um arquivo STL com graus variáveis de imprecisão. Quanto maior o alcance do *scanner*, mais junções são necessárias, o que leva a mais erros, especialmente se o arco estiver edêntulo e não tiver marcos anatômicos distintos ou características distintivas, (Zimmermann C *et al.*, 2022). Os sistemas IOS têm outras limitações relacionadas ao paciente, ao sistema ótico e ao software de processamento de dados digitais, que podem incluir: a tecnologia de *scanner* e a estratégia de uso, o fluxo salivar e o sangramento do sulco que podem distorcer parte das estruturas dentárias e influenciar negativamente os sistemas de *scanners* intraoral, a acessibilidade da câmara, a luz ambiente, a profundidade do implante, o design e o material dos marcadores óticos (*scanbodies*), (Marti AM *et al.*, 2017).

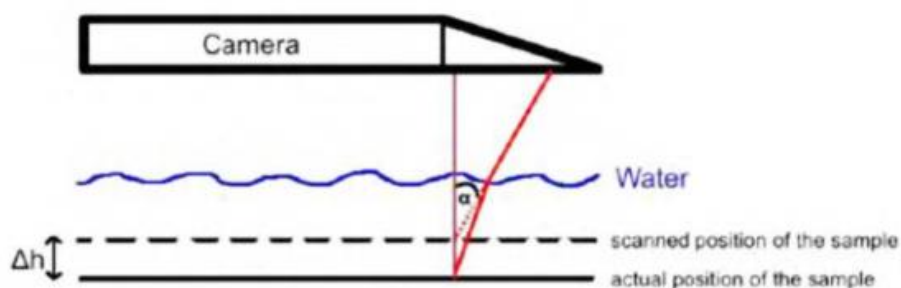


Figura 2 Ilustração de possíveis erros quando uma camada de água é depositada sobre a superfície dum objeto, (Lee SJ *et al.*, 2014).

É importante destacar que, embora o método digital com o sistema IOS não seja o objetivo da presente revisão, torna-se indispensável compreendê-lo para o posterior entendimento dos estudos incluídos e do fluxo digital atual na medicina dentária.

1.3 Método Digital com Estereofotogrametria

Desde o início da década de 1980, a fotogrametria tem sido amplamente usada em áreas como a topografia, a engenharia naval e a fabricação de automóveis. A fotogrametria foi definida pela *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (2022), como a arte, a ciência e a tecnologia de obter informações confiáveis sobre objetos físicos e o ambiente, através do processo de registro, medição e interpretação de imagens e representações digitais de padrões de energia derivados do sistema de sensores sem contato (Willomitzer F., 2019). Foi também designada, como "ciência de fazer medições a partir de fotografias", a fotogrametria usa dados métricos para determinar as características geométricas dos objetos, bem como sua disposição espacial extraída de imagens fotográficas 2D e/ou 3D (Bratos M *et al.*, 2018).

Em resumo, a fotogrametria é uma técnica de medição que usa as fotografias para obter medições precisas de objetos físicos e do seu ambiente. Usa a informação visual capturada nas imagens para calcular dimensões, distâncias, posições e formas tridimensionais de objetos. Num contexto da medicina dentária, a fotogrametria desempenha um papel crucial na captura da posição espacial de implantes dentários e outras estruturas orais (Mikhail EM *et al.*, 2001).

Por outro lado, a estereofotogrametria é uma forma específica de fotogrametria que implica o uso de duas ou mais imagens tiradas de ângulos diferentes para calcular as dimensões e posições dos objetos num espaço tridimensional. Ao tirar várias imagens de um objeto de diferentes perspectivas, é possível calcular com precisão as coordenadas tridimensionais do objeto e do seu ambiente. A principal diferença entre a fotogrametria e a estereofotogrametria reside no número de imagens usadas e na complexidade do processo de cálculo. Enquanto a fotogrametria pode usar uma ou mais imagens para medir objetos, a estereofotogrametria especificamente requer pelo menos duas imagens para calcular as coordenadas 3D. A estereofotogrametria geralmente oferece uma maior precisão na medição tridimensional devido à capacidade de calcular a profundidade e a distância usando a disparidade entre as imagens estereoscópicas (Smith A *et al.*, 2019).

Ao contrário da digitalização intraoral, este sistema gera informações a partir de pontos x , y e z com uma relação fixa com os dos pontos, de modo que os dados são inter-relacionados e não podem ser separados, (Mikhail EM *et al.*, 2001). O arquivo STL obtido contém informações sobre a posição exata dos implantes, mas não contém nenhuma informação sobre tecidos moles, exigindo assim um segundo arquivo STL, o que pode ser considerado uma desvantagem dessa tecnologia. A estereofotogrametria usa uma técnica de triangulação passiva. O modelo de câmara de furo de agulha tem um raio que vai do centro de perspectiva através do ponto na imagem até ao ponto no objeto.

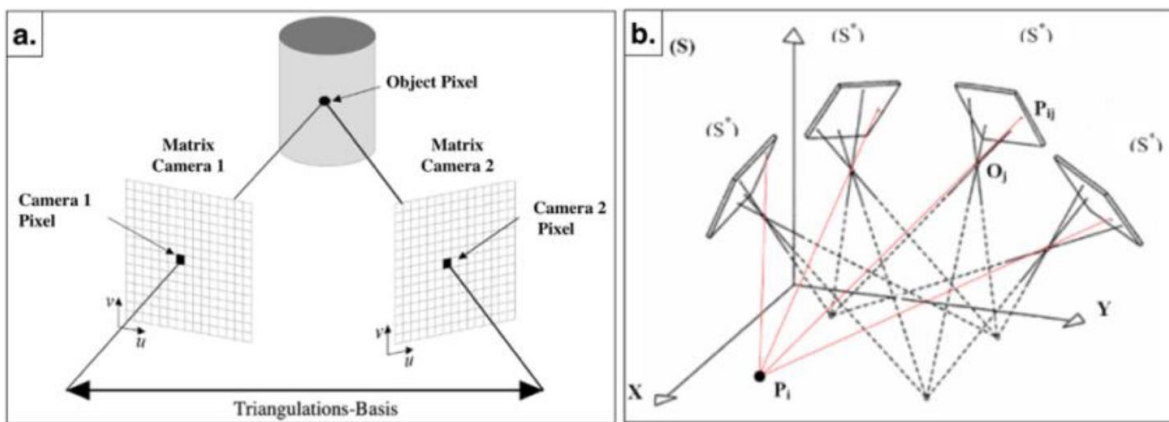


Figura 3 a. Triangulação de ponto único (técnica de triangulação passiva), (Willomitzer, F. (2019); b. Triangulação de vários pontos (Uma câmara, várias fotografias), (Geoditic Systems, 2020)

Este método usa vários pontos de referência em fotografias para fazer medições precisas, transformando esses dados visuais numa lista de coordenadas. Além disso, esta tecnologia tem sido usada pelos fabricantes de *scanners* intraorais como um protocolo de calibração, dado o seu nível superior de precisão. Todo o procedimento é realizado rapidamente e é considerado mais confortável para os pacientes e mais fácil para os operadores do que os métodos de impressão convencional ou digital (Mutwalli H *et al.*, 2018).

De acordo com a ISO 5725 (2018), a precisão é composta de veracidade e precisão. O primeiro expressa o quão perto as medidas obtidas se relacionam com as medições do arco (escala real), e o segundo corresponde ao grau de semelhança entre as medições obtidas de *scanners* consecutivas.

A Figura 2 ilustra a correlação entre a veracidade e a precisão por meio de um exemplo de alvo (Mutwalli H *et al.*, 2018).

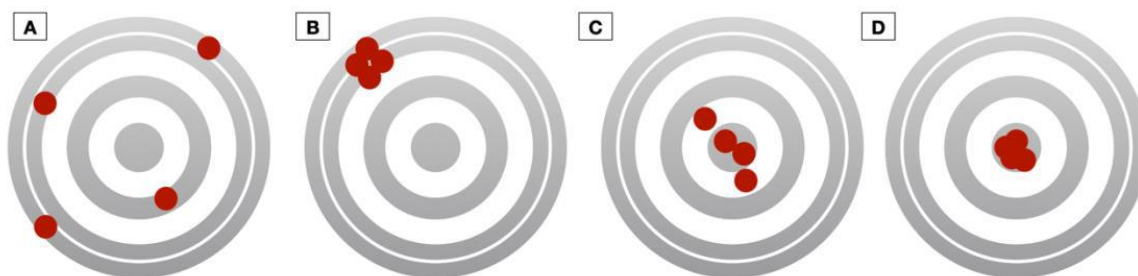


Figura 4 A: Baixa veracidade, baixa precisão, B: Baixa veracidade, alta precisão, C: Alta veracidade, baixa precisão, D: Alta veracidade, alta precisão.

A precisão deve ser verificada primeiramente num sistema. Somente se um sistema for preciso é possível torná-lo acurado, geralmente por meio de calibração. Portanto, na nomenclatura metrológica (relacionada às medições e seus padrões), o valor médio das medições e o desvio padrão dessas medições estão correlacionados, respetivamente, com a veracidade (quão próximas dos valores verdadeiros estão as medições) e a precisão (quão consistentes são as medições entre si). Esta correlação destaca a importância de compreender e controlar ambas as características para assegurar a confiabilidade dos resultados da medição (Tohme H, *et al.*, 2023).

Hoje em dia, alguns dos sistemas estereofotogramétricos têm sido projetados e fabricados comercialmente para a medicina dentária na implantologia. O PIC Camera® (Precise Implants Capture Dental, Madrid, Espanha), que se encontra como anexo 2, é uma câmara composta por dois dispositivos acoplados de carga embutidos (CCDs) e um flash infravermelho. De acordo com o fabricante, este dispositivo pode produzir 150 quadros/min com uma margem de erro inferior a 10 μ m. A precisão deste sistema depende de umas peças em forma de bandeiras pretas com pontos brancos precisamente posicionados que são ajustados a cada pilar do implante, (Sánchez-Monescillo A *et al.*, 2016).

Outro sistema usado na prática da medicina dentária é o ICam4D® (Metric4D; Cougenay, Suíça), que se encontra como anexo 3. Consiste num dispositivo portátil que compreende quatro câmaras e um projetor, e combina técnicas de digitalização de luz fotogramétrica e

estruturas para capturar dados 3D, usa marcadores óticos de alta precisão com um arranjo de alvo proprietário exclusivo, chamado ICamBodies, para determinar a posição e orientação dos implantes. Além disso, este sistema inclui outro componente, ICamRefs, semelhante aos pilares, tornando mais simples tirar uma impressão dos tecidos moles com um IOS. O software então permite que o usuário transforme as ICamPositions no sistema de coordenadas da gengiva usando as ICamRefs (Gómez-Polo M *et al.*, 2023).

Tabela 1 Sistemas estereofotogramétricos disponíveis comercialmente para registrar posições de implantes 3D.

<i>Fabricante</i>	<i>Sistema SPG</i>	<i>Marcadores óticos</i>	<i>Características dos marcadores óticos</i>
Imetric	ICam4D® (Sistema Imetric)	ICamBodies	Formato retangular. Verso com marcador de pontos brancos.
Oxo	Oxo Fit	Oxo Markers	Marcadores brancos com geometria cinza.
PIC Dental	PIC Camera® (Sistema PIC)	PIC Transfers	Marcador em forma de bandeira. Verso com marcador de pontos brancos.
S.I.N. Dental USA	MicronMapper	MicronMapper <i>scanbodies</i>	Formato cilíndrico, com um chanfro na superfície oclusal. Branco com marcadores de geometria preta.

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática atualizada da literatura, para comparar a precisão das impressões em arcadas totais implanto suportadas, considerando as técnicas de impressão convencionais e estereofotogramétricas.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido de acordo com as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), com o objetivo de comparar a precisão, de impressões convencionais e de impressões obtidas através de sistemas fotogramétricos em reabilitações totais implanto suportadas. A formulação da pergunta de pesquisa foi realizada seguindo a estrutura PICO (Participantes, Intervenção, Comparação e Resultados):

Pergunta de Pesquisa PICO: No contexto de reabilitações completas implanto suportadas, quais são as diferenças em termos de precisão entre o método de impressão convencional com moldeira aberta e o método de impressão digital dos sistemas estereofotogramétricos?

Participantes: Os participantes de interesse nesta investigação são aqueles que foram submetidos a reabilitações totais implanto suportadas. Estes indivíduos podem apresentar uma variedade de condições bucais e necessidades de reabilitação.

Intervenção: A intervenção principal analisada nesta investigação é a obtenção de impressões dentárias usando sistemas estereofotogramétricos. Este método implica a captura de dados tridimensionais da estrutura oral através do uso de tecnologia estereofotogramétrica.

Comparação: A comparação será feita com o método de impressão convencional usando moldeiras abertas, que é uma técnica amplamente usada na medicina dentária para obtenção de impressões.

Resultados: Os resultados que serão avaliados incluem a discrepância e o desvio 3D, discrepâncias lineares e angulares, distância interimplantar (IID) e angulações (IIA), posição e número de implantes, tempos de trabalho e satisfação do paciente e do médico dentista, e avaliação clínica das impressões obtidas tanto com sistemas estereofotogramétricos como com o método convencional.

2.1 Considerações éticas

Este estudo baseia-se na revisão da literatura existente e não implica a participação de seres humanos nem a recolha de dados primários. Portanto, não é necessária uma aprovação ética específica para esta investigação.

2.2 Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa foi desenhada para identificar estudos relevantes em quatro importantes bases de dados: PubMed, ScienceDirect, Cochrane e Google Scholar, até 26 de agosto de 2023. Foram usados os seguintes termos de pesquisa:

(((((photogrammetry [MeSH Terms]) OR (photogrammetric [All Fields])) OR (stereophotogrammetry [All fields])) AND (dental implants [MeSH Terms])) AND (accuracy [All Fields]))

("Stereophotogrammetry" OR "Stereophotogrammetric system") AND ("Dental implants" OR "Oral rehabilitation") AND ("System comparison" OR "Accuracy") OR ((full-arch implant) AND (conventional technique))

A pesquisa limitou-se a um período de dez anos, de janeiro de 2013 a agosto de 2023, e foi adaptada especificamente para cada base de dados. Além disso, foi realizada uma pesquisa na literatura cinzenta no Google Scholar usando as palavras-chave "estereofotogrametria", "Precisão", "impressões convencionais" e "reabilitações totais implanto suportadas", com um limite dos primeiros 200 resultados obtidos.

Tabela 2 Critérios de inclusão e exclusão.

<i>Inclusão</i>	<i>Exclusão</i>
Literatura em Inglês\Português\Espanhol	Reabilitações sobre dentes
Reabilitação com implantes em desdentados totais	Desdentados parciais com reabilitações com implantes
Estudos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> publicados desde 2013-2023	Impressões digitais com dispositivos não comerciais
Títulos que referenciem impressões convencionais, fotogrametria e estereofotogrametria	Comunicações curtas, patentes, revisões sistemáticas e de meta-análises.

2.3 Seleção de estudos

A seleção de estudos foi realizada seguindo um processo rigoroso. Inicialmente, foram examinados os títulos e resumos de todos os registros identificados através das pesquisas eletrônicas de forma independente. Para aqueles estudos que pareciam cumprir com os critérios de inclusão ou para os quais não havia dados suficientes no título e no resumo para tomar uma decisão clara, foi obtido o texto completo do estudo correspondente. Os registros que não estavam relacionados com o âmbito desta revisão foram excluídos de forma sistemática.

Não foram considerados os estudos que não cumpriram com o intervalo de tempo estabelecido, ou seja, fora do período de janeiro de 2013 a agosto de 2023, não foram considerados. Foram excluídos os estudos que envolvessem zero implantes colocados, apenas reabilitações parciais ou coroas únicas, ou que usassem uma intervenção ou tecnologia incorreta.

2.4 Risco de viés

O risco de viés, ou seja, a probabilidade de distorção sistemática dos resultados de um estudo, é uma consideração crítica ao avaliar a qualidade e confiabilidade das evidências, foram realizados por dois pesquisadores (CH e JG). No contexto do trabalho, foi conduzida uma revisão sistemática que abordou 13 estudos, sendo 7 deles de natureza *in vitro* (experimentais) e 6 *in vivo*, que incluíram dois relatos de caso, um estudo RCT, dois estudos de coorte e um estudo de serie de casos.

A avaliação do risco de viés foi realizada usando a *JBI Critical Appraisal Checklist for Quasi-Experimental Studies*, para os estudos *in vitro*, (Tufanaru C *et al.*, 2020).

Os resultados da análise, que se encontra como anexo 4, indicaram um baixo risco de viés para todos os estudos *in vitro* incluídos nas perguntas 1, 3, 4, 7, 8 e 9 da lista, (Ma *et al.*, 2021; Revilla-León *et al.*, 2023; Revilla-León *et al.*, 2020; Tohme *et al.*, 2023; Drancourt *et al.*, 2023; Kosago P *et al.*, 2023; Ke Y *et al.*, 2023). Estas perguntas geralmente estão relacionadas a aspetos fundamentais da metodologia do estudo, como desenho experimental, descrição clara dos participantes, intervenções, critérios de inclusão e exclusão, métodos de medição, e análise de dados. O baixo risco nessas áreas sugere uma abordagem sólida na condução dos estudos, fortalecendo a confiabilidade dos seus resultados.

No entanto, vale assinalar que as questões 2, 5 e 6 não foram aplicadas devido à falta de relevância para os estudos em questão. Esta pode ser interpretada como uma abordagem metodologicamente sólida, visto que a aplicação seletiva da lista reflete a adaptação do instrumento de avaliação para as características específicas dos estudos em análise. Esta abordagem demonstra uma consideração cuidadosa dos aspetos metodológicos relevantes para cada estudo, evidenciando a sensibilidade do processo de avaliação de risco de viés.

A avaliação do risco de viés para os estudos *in vivo*, que incluíram dois relatos de caso (anexo 5), um estudo RCT (anexo 6), dois estudos de coorte (anexo 7) e um estudo de serie de casos (anexo 8), proporcionou uma visão abrangente da confiabilidade metodológica e da validade interna desses estudos.

Monecillo *et al.*, (2016) - Relato de Caso: Após a aplicação da JBI *Critical Appraisal Checklist for Case Reports*, o estudo foi classificado como apresentando um alto risco de viés. Limitações significativas na metodologia comprometem a confiabilidade dos resultados, exigindo cautela na interpretação das conclusões (Moola S *et al.*, 2020).

Sanchez-Monecillo *et al.*, (2019) - Relato de Caso JBI: Neste estudo, o risco de viés foi considerado baixo, indicando uma metodologia robusta e uma execução confiável. Esses atributos contribuem para a confiabilidade dos resultados apresentados, fortalecendo a validade interna do estudo, (Moola S *et al.*, 2020).

Perrocha-Diago *et al.*, (2017) - Estudo RCT: O estudo randomizado controlado (RCT) foi avaliado como tendo um baixo risco de viés. Esta classificação sugere uma metodologia sólida e uma execução confiável, o que contribui para a confiabilidade dos resultados obtidos, (Barker TH *et al.*, 2023).

Estudos de Coorte Chochlidakis *et al.*, (2020), Papaspyridakos *et al.*, (2022): Os estudos de coorte foram geralmente avaliados como apresentando um baixo risco de viés para algumas perguntas, enquanto outras permaneceram não claras. Embora esses estudos tenham demonstrado uma boa qualidade metodológica em alguns aspetos, a falta de clareza em determinadas áreas destaca a necessidade de uma avaliação mais aprofundada, (Moola S *et al.*, 2020).

Zang *et al.*, (2023) - Série de Casos: Na análise deste estudo de série de casos, observou-se uma variabilidade no risco de viés. Algumas questões apresentaram baixo risco, enquanto outras revelaram um risco mais elevado. Esta diversidade destaca a complexidade na interpretação dos resultados deste estudo específico, (Munn Z *et al.*, 2020).

Em resumo, a análise do risco de viés nos estudos *in vivo* e *in vitro* evidenciam a heterogeneidade na qualidade metodológica dessas investigações. Embora alguns estudos tenham apresentado uma robustez considerável, outros mostraram limitações que exigem uma interpretação crítica mais exaustiva.

2.5 Heterogeneidade

Todos os resultados relatados foram apresentados com alta heterogeneidade ao considerar o efeito das medições. Os resultados foram transmitidos com diferentes desfechos: a precisão geral, a precisão e a veracidade gerais e locais, o desvio linear e o angular, a raiz quadrada da superposição, os erros médios, o erro padrão das medições e o coeficiente de correlação, tornando impossível combinar e realizar uma meta-análise. Embora a precisão tenha sido o principal objetivo dos estudos incluídos, o desvio tridimensional geral não foi o resultado mais avaliado entre eles. Portanto, os resultados foram divididos em várias seções ao longo do texto, para destacar cada resultado relatado, relacionado à precisão dos sistemas.

Em virtude dos diferentes métodos de avaliação usados para o mesmo resultado, informações detalhadas para cada estudo sobre esses tópicos são apresentadas nas tabelas 5 e 6.

2.6 Análise e síntese dos dados

Foi realizada uma síntese qualitativa e quantitativa dos estudos incluídos, complementada por tabelas de resumo. Os resultados da precisão foram divididos e apresentados em diferentes grupos: discrepâncias e o desvio 3D, para precisão e/ou exatidão, ou precisão geral; discrepâncias lineares e angulares; distâncias interimplantes (DII) e angulações (DIA); posição e número de implantes; tempo de trabalho e custos; e avaliação clínica. Qualquer dado quantitativo referente ao desvio 3D foi apresentado como RMS, e os demais resultados como média \pm DP ou valores medianos. Foram preferidos os valores locais individuais aos valores médios gerais quando ofereciam evidências mais claras de relevância clínica. Todos os estudos que relataram resultados quantitativos consideraram $\alpha=0.05$.

Uma meta-análise será realizada se pelo menos dez ensaios clínicos randomizados forem incluídos com baixo risco de viés, conforme aconselhado pela literatura para diminuir o risco de erro cumulativo e falsa credibilidade.

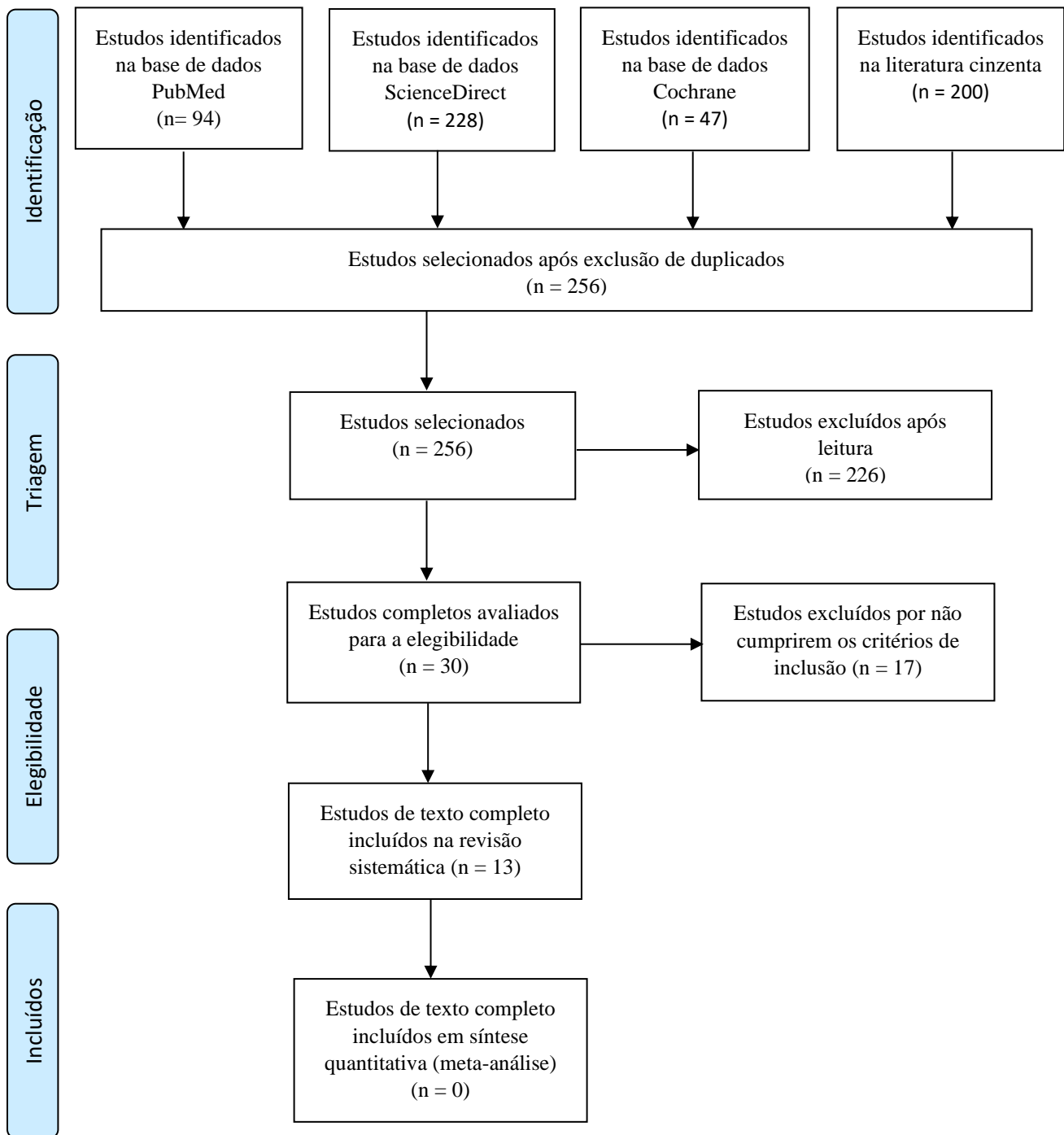


Figura 5 Diagrama de fluxo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*).

O processo de seleção dos estudos está resumido na Figura 3. Um total de 569 estudos foram extraídos de quatro bases de dados online (94 no PubMed, 228 no ScienceDirect, 47 no Cochrane), e os primeiros 200 resultados no Google Scholar) foram considerados. Um total

de 313 registros duplicados foram obtidos após uma revisão manual das sugestões do software de triagem. Dos 256 estudos restantes, a triagem com base no título e resumo resultou na exclusão de 226 registros de acordo com os critérios de inclusão e o objetivo da revisão sistemática atual. Em relação à fase de triagem do texto completo, 13 dos 30 estudos restantes foram elegíveis para a revisão sistemática com base nos critérios de inclusão.

III. RESULTADOS

Dos 13 registros resultantes, o maior número de estudos (5 estudos) foi publicado em 2023. Resumos simplificados dos dispositivos comerciais, os sistemas estereofotogramétricos, os sistemas de implantes usados, os estudos incluídos e os critérios de inclusão e exclusão, são apresentados nas tabelas 1,2,3 e 4. Todos os dados coletados estão apresentados nas tabelas 5 e 6, incluindo os autores, o ano de publicação, o tipo de estudo, o arco incluído, os sistemas de implantes, o número de implantes, o material de impressão, os comparadores selecionados, o sistema SPG, os resultados e as principais conclusões para cada estudo.

Tabela 3 Resumo dos estudos incluídos.

<i>Estudos</i>	<i>Número de estudos</i>
Experimental (<i>in vitro</i>)	7
Reporte de caso	2
RCT piloto	1
Estudo de coorte	2
Serie de casos	1

Tabela 4 Resumo de sistema de implantes usados.

<i>Sistema de implante</i>	<i>In vitro</i>	<i>In vivo</i>	<i>Total</i>
Straumann	5	3	8
Naturactis	1	0	1
Nobel Biocare	1	1	2
Zimmer	0	1	1
Ticare\Mozo Grau	0	1	1

Tabela 5 Estudos *in vitro*.

Referencia	Tipo de estudo	Arco incluído	Número de implantes	Sistema de implantes	Sistema de captação	Material de impressão	Comparador	Método de avaliação	Resultados	Conclusões
Tohme et al 2023	Experimental	Maxilar	4	Análogo Straumann AG. (RC Bone Level)	PIC Camera® (Sistema PIC)	PE e Gesso tipo IV	-CNV (grupo CI) -IOS (grupo DIS) -PG (grupo SPG)	Superposição 3D, GMGX	Foram encontradas discrepâncias angulares globais significativas e desvios tridimensionais em todo o marcador ótico e na superfície angulada plana entre os grupos CI, DI e SPG, tanto para a precisão (P <0,001) quanto para a exatidão (P <0,001).	O PG apresentou a menor discrepância 3D do marcador ótico e desvio angular global em termos de veracidade e precisão. No entanto, a superfície angular plana deste grupo não estava próxima à da referência.
Revilla-León et al 2023	Experimental	Maxilar	6	Análogo Straumann (RC Screw-Retained Straight)	PIC Camera® (Sistema PIC)	PE e Gesso tipo IV	CNV (moldeira aberta)	CMM	O grupo CI obteve um valor geral de precisão de $18,40 \pm 6,81 \mu\text{m}$, enquanto o grupo de PG apresentou um valor geral de precisão de digitalização de $20,15 \pm 25,41 \mu\text{m}$. Foram observadas diferenças significativas nas discrepâncias nos eixos x, z, ângulo XZ e ângulo YZ, (P<0,001) ao comparar as medições dos dois grupos.	O grupo CNV obteve uma precisão geral mais alta do que o sistema PG. A diferença entre sistemas foi de veracidade de $1,8\mu\text{m}$; diferença de precisão de $18,6\mu\text{m}$. Discrepâncias angulares menores foram observadas no grupo PG em comparação com o grupo CNV.
Ma et al. BMC Oral Health 2021	Experimental	Maxilar	6	Análogo Straumann (RC Bone-Level)	ICam4D® (Sistema Imetric)	PE	IOS (TRIOS3); CNV (moldeira aberta)	CMM	A mediana da exatidão foi de $24,45, 43,45$ e $28,70 \mu\text{m}$ para os grupos PG, IOS e CNV; o Grupo PG apresentou a maior exatidão do que o Grupo IOS (P < 0,001) e o Grupo CNV (P = 0,033), e o Grupo CNV mostrou maior exatidão do que o Grupo IOS (P = 0,033).	O sistema PG obteve a menor discrepância 3D em termos de veracidade e precisão para as posições de pilares de implante. O sistema IOS testado representou a menor precisão entre as três técnicas de impressão testadas.
Revilla-León et al 2020	Experimental	Maxilar	6	Análogo Straumann (RC Screw-Retained Straight)	ICam4D® (Sistema Imetric)	PE e Gesso tipo IV	-IOS 1 (TRIOS3) IOS 2 (iTero) -CNV (moldeira aberta)	CMM	Discrepância 3D CNV: $11,7 \mu\text{m}$ IOS-1: $18,4 \mu\text{m}$ IOS-2: $21,1 \mu\text{m}$ PG: $77,6 \mu\text{m}$	O grupo CI demonstrou a menor discrepância 3D, enquanto o grupo IOS mostrou os resultados mais estáveis. O sistema PG foi considerado o menos preciso entre os grupos avaliados.

Comparação entre Sistemas Estereofotogramétricos e Convencionais na
Captação de Posicionamento de Implantes em Reabilitações Totais

Referencia	Tipo de estudo	Arco incluído	Número de implantes	Sistema de implantes	Sistema de captação	Material de impressão	Comparador	Método de avaliação	Resultados	Conclusões
Drancourt et al., 2023	Experimental	Maxilar	5	Análogo Naturactis da Euroteknica ETK	TRIOS 4 (IOS)	PE	CNV (moldeira aberta)	Superposição 3D, GMGX	O desvio médio na distância em valor absoluto e a direção do desvio de distância foram menores para as impressões convencionais (valor de $p < 0,001$)	Dentro das limitações do estudo, os resultados revelaram que a impressão convencional foi mais precisa do que a impressão digital, mas são necessários mais estudos clínicos para confirmar essas descobertas.
Y. Ke et al. 2023 J. P	¹ Experimental	Mandibular	4	Análogo Multi-unit sistema RP, Nobel, Zurich,	MeditT710 TRIOS 4 Aoralscan3 (IOS)	PVS e Gesso tipo IV	CNV (moldeira aberta)	Superposição 3D, GMGX	Em comparação com o grupo CNV, os grupos IOS-NA e IOS-NT mostraram maior veracidade geral de distância ($p=0,009$) e precisão (distância, $p<0,001$ e angular, $p<0,001$).	Os <i>scanners</i> digitais foram mais precisos do que as impressões convencionais. Marcadores pré-fabricados melhoraram significativamente a precisão dos <i>scanners</i> digitais de implantes completos, independentemente do <i>scanner</i> usado.
Kosago et al. 2022	Experimental	Mandibular	5	Straumann AG	PIC Camera® (Sistema PIC)	PE e Gesso tipo IV	-CNV (moldeira aberta) -IOS TRIOS 4 (3Shape), iTero (Element 2) PS (Primescan).	Superposição 3D, GMGX	-Veracidade ($P<.05$) PG ($48.74 \pm 1.80 \mu\text{m}$) ^b TRIOS 4 ($52.14 \pm 3.88 \mu\text{m}$) ^b Primescan ($57.24 \pm 2.05 \mu\text{m}$) ^b iTero ($67.72 \pm 7.18 \mu\text{m}$) ^c CO ($141.86 \pm 5.58 \mu\text{m}$). ^a -Precisão ($P<.05$) PG ($5.46 \pm 1.10 \mu\text{m}$) ^c TRIOS 4 ($19.39 \pm 3.61 \mu\text{m}$) ^b Primescan ($28.58 \pm 8.03 \mu\text{m}$), ^b iTero ($36.84 \pm 12.64 \mu\text{m}$), ^{a,b} CO ($49.40 \pm 13.39 \mu\text{m}$). ^a	O grupo PG apresentou os melhores resultados, especialmente em termos de precisão. Em relação à exatidão, o PG não mostrou diferenças significativas em comparação com TRIOS 4 e Primescan. A técnica CNV moldeira aberta com poliéter mostrou menor exatidão e precisão do que PG e as impressões intraorais digitais (IOS).

¹ PG, fotogrametria; IOS, scanners intraorais; CNV ou CI, método de impressão convencional; PVS, polivinilsiloxano; PE, poliéter; GMGX, Geomagic Control X

Tabela 6 Estudos *in vivo*.

Referencia	Tipo de Estudo	Arco Incluído	Número de implantes	Sistema de Implantes	Sistema de captação	Material de impressão	Comparador	Método de avaliação	Resultados	Conclusões ²
Zhang et al 2023	Não randomizado	Maxilar e Mandibular	79	NobelActive; Nobel Biocare	ICam4D® (Sistema Imetric)	PVS e Gesso tipo IV	CNV (moldeira aberta)	Medições lineares (distâncias euclidianas) e angulações relativas, análise 3D	Avaliação da veracidade sem precisão Para o grupo PG, a média geral de desvio de distância \pm desvio padrão foi de $70 \pm 57 \mu\text{m}$ A média geral de desvio angular \pm desvio padrão para o grupo PG foi de $0,432 \pm 0,348$ graus.	Desvios PG dentro da faixa clinicamente aceitável de erros ($150 \mu\text{m}$). Desvios de distância PG aumentaram com maiores distâncias entre implantes. Desvios angulares não afetaram significativamente. Angulações entre implantes e maxilar não tiveram efeito significativo na veracidade PG.
Sanchez A Monescillo et al. 2019	Reporte de Caso	Mandibular	4	Zimmer TSV (Zimmer Dental)	PIC Camera® (Sistema PIC)	Alginato	Nenhum	Teste de ajuste de parafuso e radiografias	Teste de ajuste do parafuso e radiografias. O carregamento convencional foi realizado usando uma estrutura de Co-Cr com dentes de resina acrílica para prótese dentária.	O sistema PG forneceu um método alternativo para capturar digitalmente a posição do implante. No entanto, ele não reproduziu informações sobre tecidos moles e duros, exigindo uma impressão adicional para obter esses detalhes.
Peñarrocha-Diago et al 2017	RCT piloto	Maxilar e Mandibular	131	Ticare / Mozo-Grau InHex	PIC Camera® (Sistema PIC)	Aginato	-CNV (moldeira aberta)	Teste de Sheffield e teste de resistência do parafuso.	Os tempos de trabalho foram de 15,6 GE e 20,5 min GC ($P < .001$). As pontuações de satisfação do paciente foram de 8,8 no GE e 7,9 no GC, ($P = .02$). As pontuações de satisfação do médico dentista foram de 9,1 no GE e 8,5 no GC, ($P = .03$). A taxa de sucesso do implante foi de 100% em ambos os grupos. A perda marginal de osso foi de $0,6 \pm 0,5$ mm (grupo experimental) e $0,6 \pm 0,2$ mm (grupo de controle) ($P = .72$).	Impressões digitais usando PG podem ser uma alternativa às impressões tradicionais. A satisfação do paciente e do médico dentista melhorou, e o tempo de trabalho foi reduzido no GE. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em termos de taxa de sucesso do implante, sobrevivência do implante, perda marginal de osso entre os dois grupos após 1 ano de acompanhamento.

PG, fotogrametria; IOS, scanners intraorais; CNV ou CI, método convencional; PVS, polivinilsiloxano; PE, poliéster; Co-Cr, cobalto-cromo; GE, grupo experimental; GC, grupo de controle

Comparação entre Sistemas Estereofotogramétricos e Convencionais na
Captação de Posicionamento de Implantes em Reabilitações Totais

Referencia	Tipo de Estudo	Arco Incluído	Número de implantes	Sistema de Implantes	Sistema de captação	Material de impressão	Comparador	Método de avaliação	Resultados	Conclusões ²
Monecillo <i>et al</i> 2016	Reporte de caso	Mandibular	7	Straumann (Bone-Level Tapered)	PIC Camera® (Sistema PIC)	Aginato	-CNV (moldeira aberta)	Clínicos e radiográficos por um ano.	Resultados clínicos e radiográficos por 1 ano. Sistemas PG facilitaram a realização da impressão dos implantes e reduziram o tempo de fabricação.	O método PG sugere certas vantagens sobre os métodos convencionais. No entanto, o sistema PG não reproduziu informações sobre tecidos moles. Mais estudos são necessários.
Papaspyridakos <i>et al</i> 2022	Clínico Retrospectivo	Maxilar e Mandibular	204	-Bone Level, -Straumann; -Replace Conical Connection -Nobel Biocare.	TRIOS 3, (IOS)	PE e Gesso tipo IV	-CNV (moldeira aberta)	Clínicos, radiográficos e Superposição 3D, GMGX	As discrepâncias 3D cumulativas (média ± DP) entre os modelos virtuais a partir de de arcada completa e modelos digitais de gesso gerados a partir de CNV de implantes foram de 88 ± 24 µm. No grupo maxilar, a média ± DP de discrepância 3D foi de 85 ± 25 µm, em comparação com 92 ± 23 µm para o grupo mandibular (p = 0,444).	As discrepâncias tridimensionais encontradas entre ao IOS de arcada completa e as CNV estão dentro do limite clinicamente aceitável. Não foi identificada diferença estatisticamente significativa entre maxilares e mandíbulas em termos de discrepâncias 3D.
Chochlidakis <i>et al.</i> 2020	Clínico Prospetivo	Maxilar	83	-BLT, Roxolid, -SLActive -Institute Straumann AG, Basel, Switzerland	TRIOS 3, (IOS)	PVS, VPS e Gesso tipo IV	CNV (moldeira aberta)	Clínicos, radiográficos e Superposição 3D, GMGX	As discrepâncias 3D entre modelos virtuais a partir de IOS de arcada completa e modelos de gesso final digitalizados gerados a partir de CNV de implantes foram de 162 ± 77 µm. Nos grupos de 4 implantes, 5 implantes e 6 implantes, as discrepâncias 3D foram de 139 ± 56 µm, 146 ± 90 µm e 185 ± 81 µm, respetivamente. Houve uma correlação positiva entre o aumento no número de implantes e as discrepâncias 3D, mas não houve diferença estatisticamente significativa (p = 0,191).	A precisão 3D dos IOS de implantes de arcada completa está dentro do limite clinicamente aceitável relatado anteriormente. IOS de arcada completa e um fluxo de trabalho digital completo na fabricação de dentaduras fixas completas maxilares podem ser clinicamente viáveis.

3.1 Descrição dos estudos

3.1.1 Estudos *In Vitro*

Foram incluídos 7 estudos *in vitro* (tabela 5) com desenhos experimentais na revisão. Diferentes sistemas de implantes foram observados, com Straumann® e Naturactis® sendo os mais comumente usados, representados na tabela 3. Um total de 36 análogos de implantes foram usados, com o número de implantes/análogos variando entre os estudos. A estereofotogrametria foi a principal ferramenta de transferência de posição de implantes, sendo a PIC Camera® e a ICam4D® os mais frequentemente usados. Alguns estudos usaram uma Máquina de Medição por Coordenadas (CMM) como controle ou empregaram ferramentas geométricas e matemáticas para superposição.

3.1.2 Estudos *In Vivo*

Foram incluídos 6 estudos clínicos (tabela 6), consistindo em 1 estudo piloto de RCT, 2 relatos de casos, 1 estudo clínico não randomizado, 2 estudos de coorte (um retrospectivo e outro prospectivo) e 1 série de casos. Um total de 508 implantes foram colocados *in vivo*, com diferentes sistemas de implantes, incluindo Straumann®, Nobel Biocare®, Zimmer®, Ticare/Mozo-Grau. A estereofotogrametria foi o método comum para a transferência de posição de implantes, principalmente usando a PIC Camera® e a ICam4D®. Marcadores óticos codificados foram usados como pontos de referência nesses estudos. Exames clínicos e avaliações de acompanhamento foram os principais métodos para avaliar resultados em relatos de casos e séries de casos.

Um total de 544 implantes foram colocados, sendo 508 em estudos *in vivo* e 36 em modelos analógicos de implantes para estudos *in vitro*. Todos os estudos usaram a estereofotogrametria como ferramenta para transferência da posição do implante. O sistema SPG mais mencionado foi a PIC Camera®. Além disso, três registros recorreram ao ICam4D da IMetric para registrar as posições dos implantes. Ambos os dispositivos são baseados no uso de sensores infravermelhos e câmaras estéreo para registrar as coordenadas 3D dos implantes.

Uma CMM foi relatada por 3 estudos *in vitro* para fornecer um conjunto de dados de referência como controle. Quatro estudos *in vitro* usaram ferramentas geométricas e

matemáticas para realizar a sobreposição das coordenadas dos pilares dos implantes. Quatro estudos *in vitro* e que relataram resultados quantitativos optaram por usar análise 3D e sobreposições por meio de software e *scanners* laboratoriais para digitalizar os modelos mestres quando um método convencional foi usado como comparador/controle. Relatos de casos e séries de casos usaram a avaliação clínica após a intervenção ou o resultado clínico, no acompanhamento estabelecido como o principal método de avaliação.

3.2 Tolerância e níveis aceitáveis de desajuste na *interface* implante-pilar.

A tolerância mecânica, e níveis aceitáveis de desajuste na *interface* implante-pilar, é a quantidade de deslocamento horizontal possível entre esses componentes pareados e pode variar de 22 μm a 100 μm , de acordo com um estudo conduzido por Ma *et al.* (2021). Esta tolerância de processamento mecânico pode contribuir para alcançar um encaixe passivo, minimizando a distorção final. Do ponto de vista biológico, no entanto, a abertura marginal deve ser menor que o tamanho de qualquer bactéria periodontal que possa causar danos, com um tamanho inferior a 2 μm , Branemark PI, (1983).

Não houve consenso ao longo dos anos sobre a abertura marginal aceitável. Enquanto alguns autores afirmaram que a discrepância marginal máxima entre a prótese e o implante ou pilar deveria ser de 10 μm (Abduo JA *et al.*, 2012; Wennerberg, A *et al.*, 2011) outros afirmaram que uma folga clinicamente aceitável deveria ser de 150 μm , (Jemt T.1991). Também não houve acordo sobre o método que deveria ser usado para avaliar a passividade da estrutura (Abduo JA *et al.*, 2012).

Dado o envolvimento de múltiplas fases na produção de próteses fixas suportadas por implantes, especialmente em reabilitações totais implanto-suportadas, a obtenção de um ajuste 100% passivo tem sido tradicionalmente considerada uma meta quase inatingível, (Lee Y *et al.*, 2009). Assim, a obtenção de um ajuste passivo da reabilitação demanda não apenas um elevado nível de precisão laboratorial, mas também uma precisão clínica, iniciando-se com o registro intraoral altamente preciso da situação. Portanto, para esta revisão, estabelecemos 150 μm como o limite de aceitação clínica.

3.3 Discrepância e o desvio 3D

A discrepância 3D refere-se à diferença tridimensional entre dois conjuntos de dados, geralmente representando a divergência entre um modelo digital e um modelo de referência ou entre duas etapas diferentes de um processo, como na comparação antes e depois de uma intervenção. Esta medição tridimensional pode abranger desvios em termos de distância, orientação angular e posição relativa entre pontos ou superfícies nos conjuntos de dados. A análise da discrepância 3D é comumente usada em diversas áreas, para avaliar a precisão e a qualidade de modelos digitais em relação a um padrão de referência (Tohme *et al.*, 2023).

Ao comparar diferentes sistemas fotogramétricos ou técnicas convencionais, segundo Mutwalli H *et al.* (2018), a análise do desvio 3D ajuda a identificar o quão bem cada sistema captura e reproduz a geometria desejada. É uma ferramenta essencial para avaliar a qualidade e a fiabilidade dos dados obtidos, sendo crucial em aplicações onde a precisão é fundamental.

Para este resultado, diferenças na precisão geral, veracidade e precisão entre os diferentes métodos foram relatadas por vários estudos por meio de valores RMS em μm , ao comparar a SPG com a CNV. Todos os estudos, exceto um registros *in vitro* Revilla-León *et al.* (2020), relataram diferenças significativas na precisão entre a SPG e as outras técnicas.

Num estudo *in vitro* de Tohme *et al.* (2023), foi preparado um modelo maxilar edêntulo "all-on-four" com dois pilares retos e dois pilares parafusados inclinados a 17 graus nos implantes. Três técnicas de captura foram comparadas, a SPG, a CNV e o IOS. Os resultados foram divididos em dois grupos: marcadores óticos inteiros (WSB), tendo em conta o volume inteiro da peça; e a superfície angulada plana (FAS).

Os resultados do estudo de Tohme *et al.* (2023), estão relacionados com a hipótese nula rejeitada, uma vez que foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os três métodos analisados em termos de precisão e exatidão nas deformações tridimensionais do marcador ótico completo e da superfície angular plana, assim como nas deformações angulares globais. Observou-se que o grupo de estereofotogrametria teve o melhor desempenho em exatidão nas deformações angulares globais e nas deformações tridimensionais do marcador ótico completo, mas mostrou a maior distorção tridimensional na superfície angular plana. O grupo de impressão convencional seguiu ao grupo de

estereofotogrametria em termos de deformações angulares e deformações tridimensionais do marcador ótico completo, mas as digitalizações precederam ao grupo de impressão convencional na precisão da superfície angular plana tridimensional. Quanto à precisão, foram encontrados resultados ótimos também para o grupo de estereofotogrametria, seguido pelo grupo de digitalização e depois pelo grupo de impressão convencional. O estudo focou-se em determinar a deformação do marcador ótico associada à posição do implante, o que é crucial para a orientação do implante e a passividade da prótese.

No contexto da precisão, a média do Erro Quadrático Médio (RMS) para o desvio tridimensionais (3D) do marcador ótico completo mostrou diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas de SPG e a CNV ($P < 0,001$). Mais especificamente, o desvio 3D do marcador ótico completo foi significativamente menor na técnica de SPG em comparação com a técnica CNV. Da mesma forma, ao analisar a precisão na superfície inclinada plana, a média do RMS para o desvio 3D foi significativamente diferente entre as técnicas SPG e a CNV ($P < 0,001$). Novamente, a técnica de SPG exibiu um o desvio 3D significativamente menor na superfície inclinada plana em comparação com a técnica CNV.

Esses resultados indicam que, em comparação com a técnica de impressão convencional, a técnica estereofotogramétrica apresenta um menor desvio tridimensional, tanto no marcador ótico completo (PIC Transfers) quanto na superfície inclinada plana, o que destaca uma maior precisão nas medições realizadas pela técnica de SPG.

Em contraste, dois estudos *in vitro* publicados por Revilla-Léon *et al.* em (2023) e (2021) relataram que a técnica convencional foi melhor do que a técnica de SPG. Ao contrário de outros estudos incluídos (Tohme *et al.*, 2023; Ma *et al.*, 2021; Kosago P *et al.*, 2023; Zang *et al.*, 2023), as discrepâncias tridimensionais globais foram obtidas para implantes individuais e eixos individuais, e não para impressões inteiras, o que poderia explicar a diferença nos resultados. O sistema de SPG obteve a maior discrepância 3D para a tradução da posição do pilar do implante de todos os grupos, indicando o procedimento menos preciso entre as técnicas testadas. Embora todos os métodos tenham apresentado níveis relativamente baixos de precisão, o sistema de SPG apresentou os menores.

Em oposição, o método CNV mostrou precisão geral significativamente mais alta (menor discrepância), com diferenças de 1,8 e 18,6 μm , respectivamente, entre ambas as técnicas. Além disso, os mesmos autores relataram que ambos os sistemas IOS testados, TRIOS 3 e iTero Element, forneceram um procedimento de digitalização confiável, logo que não foram encontradas diferenças significativas na discrepância linear em comparação com a técnica CNV. Similarmente foi relatado que não foi possível obter o arquivo STL com posições de implantes. Além disso, alguns autores observaram dificuldades na obtenção dos ficheiros STL com as posições dos implantes, o que resulta da análise das posições dos marcadores óticos (*scanbodies*) usando uma máquina de medição por coordenadas (CMM).

Ao analisar dois estudos, Drancourt *et al.* (2023) e Ke Y *et al.* (2023), que comparam impressões CNV com impressões de IOS, observa-se uma discrepância nos resultados em relação à precisão, indicando que o desempenho pode variar dependendo das condições específicas do estudo.

No primeiro estudo (Drancourt *et al.*, 2023), as impressões convencionais mostraram uma maior precisão em termos de desvio angular e de distância em comparação com as digitais. Em contraste, o segundo estudo (Ke Y *et al.*, 2023) destacou que, as impressões digitais superaram as convencionais, especialmente quando foram usados marcadores pré-fabricados. O primeiro estudo (Drancourt *et al.*, 2023), não abordou especificamente o uso de marcadores predefinidos, enquanto o segundo estudo (Ke Y *et al.*, 2023), ressaltou a significativa melhoria na precisão ao empregá-los nas impressões digitais com IOS. Esta discrepância sublinha a importância do desenho experimental e dos fatores variáveis nos resultados desses estudos. Ambos os estudos (Drancourt *et al.*, 2023 e Ke Y *et al.*, 2023), enfatizaram a necessidade de mais pesquisas clínicas para validar completamente suas conclusões e reconheceram a relevância clínica de seus achados ao considerar a escolha entre métodos convencionais e digitais.

Num estudo conduzido por Ma *et al.* (2021), o objetivo foi comparar a precisão de três técnicas de impressão usadas na reabilitação total implanto suportada: a técnica de SPG, a técnica de IOS e a técnica CNV de impressão com moldeira aberta. Para isso, foi fabricado um modelo mestre que incluía seis réplicas de pilares de implante e foram realizadas 10 impressões para cada técnica. Os resultados mostraram que a técnica de SPG apresentou a

maior precisão em termos de veracidade e precisão, seguida pela técnica CNV de impressão com moldeira aberta. Por outro lado, a técnica de IOS apresentou a menor precisão entre as três técnicas avaliadas logo que os valores RMS de veracidade e precisão neste grupo foram significativamente superiores aos da técnica de impressão convencional, o que indica que a digitalização intraoral ainda é menos precisa do que a técnica de impressão convencional.

Em contraste, no estudo de Perrocha-Diago *et al.* (2017), o sistema de estereofotogrametria supera as limitações dos *scanners* intraorais na obtenção da localização dos conectores de implantes na reabilitação em arcos completos. Em comparação com a técnica de digitalização intraoral, o sistema de SPG usa todos os dados medidos em cada imagem, gerando vetores de direção da posição exata dos marcadores óticos (*scanbodies*) em relação uns aos outros com a ajuda de pontos de referência. Isso potencialmente garante maior precisão, com câmaras múltiplas, maior alcance e velocidade de digitalização mais rápida.

Num estudo realizado por Kosago *et al.* (2022), o objetivo foi comparar a precisão de diferentes métodos de impressão, o IOS, o CNV, e a SPG para arcadas totais mandibulares desdentadas reabilitadas com cinco implantes. Foram examinadas várias técnicas de impressão, abrangendo a técnica CNV com moldeira aberta, três grupos de *scanners* intraorais (TS, IT e PS) e a SPG com o dispositivo PIC Dental. Através da análise tridimensional os investigadores mediram os desvios nas posições dos marcadores óticos (*scanbodies*) em relação ao modelo de referência, usando software especializado GMGX. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas nos desvios 3D entre os grupos CNV, TS, PS, IT e SPG, tanto em termos de precisão quanto a veracidade. Especificamente, a estereofotogrametria demonstrou o menor desvio tridimensional, tanto na precisão quanto na veracidade, enquanto a técnica convencional com moldeira aberta apresentou os maiores desvios. Conclui-se que, para impressões em arcadas mandibulares desdentadas totais, a SPG apresentou uma precisão superior em comparação com a técnica de IOS e a CNV.

3.4 Discrepâncias lineares e angulares

As discrepâncias lineares referem-se a desvios ou diferenças na distância entre pontos ou superfícies em direções específicas. Em outras palavras, é a medida da diferença ao longo de

uma linha ou trajetória específica. Pode ser expressa em unidades de comprimento, como milímetros ou micrômetros, dependendo da escala do sistema de medição.

As discrepâncias angulares referem-se a desvios ou diferenças na orientação ou ângulo entre duas linhas, planos ou superfícies. É uma medida da variação angular entre as características comparadas. Estas discrepâncias angulares podem ser expressas em graus ou em outras unidades angulares, dependendo da convenção de medição usada. Ambas as medidas, lineares e angulares, são comumente usadas na análise de discrepâncias tridimensionais para avaliar a precisão e a qualidade de modelos digitais em relação a um padrão de referência (Hsu CC *et al.*, 1993). Estas análises são frequentemente aplicadas disciplinas que envolvem a comparação de modelos tridimensionais.

Um estudo não randomizado (Zang *et al.*, 2023), com 14 pacientes (79 implantes) comparou a SPG com as impressões CNV feitas com moldeiras personalizadas basando-se numa digitalização de referência do modelo, sobrepondo ambos os arquivos STL num software. Os autores consideraram 150 μm como o limite clinicamente aceitável e relataram desvios médios globais $\pm\text{SD}$ de 70 ± 57 μm e 0.432 ± 0.348 graus para medidas lineares e angulares, respetivamente. Em termos de distâncias lineares, verificou-se que, a discrepância geral das impressões na técnica de SPG foi significativamente menor do que o nível de desajuste clinicamente aceitável, o que indica uma alta precisão na reprodução das dimensões espaciais dos implantes e das estruturas circundantes.

Quanto às discrepâncias angulares, o estudo revelou que estas não estavam correlacionadas com as distâncias entre implantes ou com o maxilar ou mandíbula, o que indica que a precisão angular das impressões na técnica de SPG não é afetada pela localização dos implantes ou pela mandíbula específica do paciente. Esta falta de correlação destaca a consistência e a precisão geral da técnica de SPG na reprodução da orientação dos implantes no modelo de impressão.

Dois estudos *in vitro* (Revilla-León *et al.*, 2023 e Revilla-León *et al.*, 2020), apresentaram resultados de precisão individual para 3 eixos diferentes (x, y, z) e 2 ângulos diferentes (xy, yz). Num deles, foram realizadas 10 digitalizações para cada técnica, a SPG e a CNV. O outro comparou os três métodos e usou dois sistemas IOS. Uma máquina CMM foi usada

para medir discrepâncias lineares e um software para medir discrepâncias angulares, por meio da técnica de melhor ajuste. Os autores relataram diferenças significativas nas discrepâncias lineares, nomeadamente nos eixos x e z ($p=.027$ e $p<.001$, respetivamente), e discrepâncias angulares em ambos os ângulos considerados ($p<.001$, para ambos).

Tohme *et al.* (2023), relataram num estudo *in vitro* desvios angulares globais nos três métodos, por meio de 15 digitalizações com cada método. Dois implantes anteriores paralelos entre si e outros dois implantes com uma angulação de 17 graus foram colocados num modelo de gesso representando uma maxila edêntula. No estudo encontraram-se diferenças significativas ($p<.001$) nos desvios angulares globais nos três métodos, tanto em precisão quanto em exatidão, a favor do sistema de SPG. Os resultados revelaram discrepâncias significativas entre os grupos para veracidade e precisão, tanto em termos de ângulos globais quanto de desvios tridimensionais dos marcadores óticos (*scanbodies*). A técnica de SPG apresentou a maior precisão, seguida pela técnica de IOS e, por último, pela técnica CNV. No entanto, a técnica de IOS mostrou uma maior veracidade na região da superfície angular plana dos *scanbodies*.

Num estudo conduzido por Ma *et al.* (2021), destacam-se as discrepâncias lineares e angulares entre três técnicas de impressão usadas na reabilitação total implanto-suportada. A técnica de SPG demonstrou a menor discrepância linear (24,45 μm), seguida pela técnica CNV (28,70 μm) e pela técnica de IOS (43,45 μm). Em termos de discrepâncias angulares, a SPG também obteve os melhores resultados, com uma mediana de 2,00 μm , seguida pela técnica CNV (29,40 μm) e pela IOS (36,00 μm).

Um estudo realizado por Drancourt *et al.* (2023) centrou-se em comparar a precisão de quatro *scanners* intraorais e uma impressão convencional para próteses totais implanto-suportadas. Isso contrastou com o estudo de Ke Y *et al.* (2023), que se centrou especificamente na precisão das impressões da técnica de IOS, com e sem marcadores pré-fabricados. Ambos os estudos usaram análises de discrepâncias lineares e angulares para avaliar a precisão das impressões. No entanto, as metodologias e os resultados divergiram em certos aspetos. Enquanto Ke Y *et al.* (2023), encontraram que as técnicas de IOS foram mais precisas do que a técnica CNV, e que os marcadores pré-fabricados melhoraram significativamente a

precisão dos *scanners*; em contrapartida, Drancourt *et al.* (2023) fornecem uma comparação direta com a técnica CNV, apresentando melhores resultados para esta última.

3.5 Distância interimplantar (IID) e angulações (IIA)

A "Distância Interimplantar" (IID) refere-se à medida linear entre os centros de dois implantes dentários, esta métrica é de importância crítica, pois influencia diretamente na distribuição adequada dos implantes para sustentar as reabilitações, afetando a estabilidade biomecânica e a estética final da restauração (Agustín-Panadero R *et al.*, 2015).

As "Angulações Interimplantares" (IIA) representam os ângulos formados pelos eixos longos de implantes adjacentes. A precisão na determinação desses ângulos é vital para garantir uma correta colocação dos implantes em relação à anatomia circundante e para otimizar a distribuição da carga sobre as próteses. Estas medidas, quando avaliadas em estudos e pesquisas, oferecem informações valiosas sobre a eficácia e a precisão dos procedimentos de implantes dentários, contribuindo para a compreensão da biomecânica e da estabilidade das restaurações implanto suportadas.

A avaliação da distância interimplantar em restaurações implanto suportadas é crucial para garantir a precisão e a adaptação adequada das próteses. Num estudo recente realizado por Zang *et al.* (2023), os resultados foram agrupados em intervalos de distância interimplantar (IID) e angulação interimplantar (IIA), focados na correlação entre estas medidas e as discrepâncias observadas nas impressões com SPG e com CNV. O efeito das distâncias entre os implantes foi analisado por meio de uma análise de correlação de Spearman, demonstrando que as discrepâncias de distância estavam significativamente correlacionadas com as distâncias entre os implantes, com um coeficiente de correlação (r) de 0,371 ($P = 0,002$). Isto sugere que à medida que aumenta a distância entre os implantes, também aumentam as discrepâncias de distância nas impressões, o que é um fator importante a considerar no planejamento e a execução de restaurações implanto suportadas. Em contraste, as discrepâncias angulares não apresentaram correlação significativa ($P = 0,157$).

Discrepâncias de distância significativamente maiores foram observadas em grupos com distâncias interimplantes superiores a 40 mm, usando um teste t de *Student* ($P < 0,001$). No que diz respeito às angulações interimplantes, não foi identificada uma correlação

significativa com as discrepâncias de distância ($P = 0,914$) ou discrepâncias angulares ($P = 0,914$). Não se observou diferença estatisticamente significativa entre as discrepâncias de distância nas impressões em maxilas (83 ± 73 mm) e aquelas nas mandíbulas (63 ± 48 mm) ($P = 0,190$). Além disso, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as discrepâncias angulares nas impressões maxilares ($0,511 \pm 0,391$ graus) e as mandibulares ($0,394 \pm 0,323$ graus) ($P = 0,209$). Quanto às discrepâncias, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as IID entre os maxilares e as mandíbulas, nem entre as IIA. Isso sugere que a localização dos implantes (maxilar ou mandibular) pode não ser um fator determinante nas discrepâncias observadas nas impressões.

3.6 Posição e o número de implantes

Tohme *et al.* (2023), estudaram a precisão em diferentes angulações relativas dos pilares, com diferentes posições no arco, num ambiente experimental. Quatro implantes foram colocados: os dois analógicos anteriores eram paralelos, enquanto os posteriores tinham uma angulação de 17° . Concluiu-se que a angulação do implante teve pouco efeito na precisão para ambos os métodos, o CNV e a SPG.

Em relação aos dois métodos, o CNV e a SPG, um estudo *in vitro* conduzido por Revilla-Léon *et al.* (2023), analisou discrepâncias 3D, lineares e angulares para seis implantes colocados num modelo mestre. A amostra foi dividida em dois grupos: 10 impressões com a CNV e outras 10 com a SPG. Os autores concluíram que a técnica convencional transferiu as posições dos pilares dos implantes com uma discrepância 3D uniforme, enquanto o grupo SPG relatou uma discrepância 3D maior nos três implantes de um lado e uma discrepância 3D menor no lado contralateral. Além disso, no lado em que o grupo SPG teve um desempenho superior, sua precisão foi maior do que a obtida com CNV.

Existem duas principais técnicas digitais para capturar a posição espacial dos implantes dentários em casos de reabilitações totais: a digitalização intraoral e a estereofotogrametria, conforme destacado por Gómez-Polo *et al.* (2023). Vários estudos que avaliaram a precisão das impressões digitais, fotogramétricas e convencionais, relataram resultados e conclusões contraditórios. Esta disparidade pode ser atribuída às diferenças metodológicas nos estudos

selecionados. Adicionalmente, a precisão dos *scanners* intraorais (IOS) pode ser influenciada por diversos fatores, conforme mencionado por Ke *et al.* (2023), relatando que, o tamanho da área edêntula tem um impacto negativo na precisão, uma vez que a ausência de objetos de referência naturais compromete a qualidade da obtenção das imagens. Para contornar esse desafio, foram sugeridos diferentes tipos de objetos de referência artificiais visando aprimorar a qualidade das impressões digitais dos implantes. Apesar de *scanners* intraorais modernos demonstrarem alta veracidade, a digitalização intraoral para reabilitações totais implanto-suportadas ainda necessita de validação clínica adicional, conforme indicado por Drancourt *et al.* (2023) e Ke *et al.* (2023).

Dois estudos clínicos um prospectivo e o outro retrospectivo, abordam a precisão tridimensional dos implantes em reabilitações totais, adotando abordagens distintas.

No estudo prospectivo de Chochlidakis *et al.* (2020), 16 pacientes receberam reabilitações totais maxilares com 4, 5 ou 6 implantes. A análise tridimensional revelou um desvio médio de $162 \pm 77 \mu\text{m}$. A correlação entre o número de implantes e os desvios tridimensionais foi positiva (0,345), mas não estatisticamente significativa ($p = 0,191$). O estudo destaca uma limitação na análise de poder (51%) e sugere uma tendência positiva, embora marginalmente não significativa ($p = 0,19$).

No estudo retrospectivo de Papaspyridakos *et al.* (2022), foram analisados 27 pacientes (36 maxilares desdentados) com 204 implantes. As reabilitações totais incluíram próteses fixas em 58% dos maxilares e 42% das mandíbulas. A média \pm desvio padrão dos desvios tridimensionais foi de $88 \pm 24 \mu\text{m}$. A comparação entre maxilares e mandíbulas não mostrou diferença estatisticamente significativa ($p = 0,444$).

Ambos os estudos contribuem para o entendimento da precisão tridimensional em contextos de reabilitações totais com implantes, sendo o estudo prospectivo valioso para investigações futuras, enquanto o estudo retrospectivo fornece informações relevantes com base numa amostra mais extensa.

3.7 Tempos de trabalho e a satisfação do paciente e do médico dentista

O tempo de execução dos procedimentos digitais usando a tecnologia de estereofotogrametria foi abordado num único estudo clínico randomizado piloto, (Perrocha-Diago *et al.*, 2017), envolvendo 131 implantes instalados em 18 pacientes. O tempo foi medido desde a remoção até a substituição dos pilares de cicatrização após a realização das impressões dos implantes. Os resultados revelaram uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) no tempo necessário para a obtenção da impressão entre a estereofotogrametria e o método convencional. O grupo que utilizou a SPG demandou um tempo médio de $15,6 \pm 1,2$ minutos, enquanto o grupo que utilizou o método CNV demandou $27,1 \pm 1,3$ minutos.

No mesmo estudo, uma Escala Analógica Visual (VAS), variando de 0 a 10, foi empregada para avaliar a satisfação tanto dos pacientes quanto dos médicos dentistas. A pontuação média \pm desvio padrão de satisfação dos participantes foi de $8,8 \pm 0,6$ no grupo SPG e $7,9 \pm 0,8$ no grupo CNV, sendo a diferença estatisticamente significativa ($p=0,028$). A pontuação média \pm desvio padrão de satisfação dos médicos dentistas foi de $9,1 \pm 0,5$ no grupo SPG e $8,5 \pm 0,5$ no grupo CNV, com diferença também estatisticamente significativa ($p=0,030$).

3.8 Avaliação clínica

Por meio da avaliação clínica, a determinação do sucesso do tratamento fundamentou-se principalmente no ajuste passivo das restaurações, as análises radiográficas, o conforto do paciente e a ausência de complicações durante o acompanhamento. Para avaliar desajustes em próteses parafusadas, o teste de Sheffield foi aplicado isoladamente ou em conjunto com o método de resistência do parafuso, além de outros métodos, como pressão digital, conforme relatado num estudo clínico conduzido por Perrocha-Diago *et al.* (2017). Radiografias foram empregadas em conjunto com outros métodos em 5 estudos (Perrocha-Diago *et al.*, 2017; Monecillo *et al.*, 2016; Chochlidakis *et al.*, 2020; Sanchez-Monecillo *et al.*, 2019 e Papaspyridakos *et al.*, 2022), para verificar desajustes e monitorar o nível ósseo peri-implantar, ou ambos, corroborando, assim, o sucesso clínico.

A observação visual foi empregada em 3 estudos (Chochlidakis *et al.*, 2020; Monecillo *et al.*, 2016 e Papaspyridakos *et al.*, 2022), como parte de um teste de sonda de ajuste. Os resultados

clínicos gerais foram monitorados nos mesmos 3 estudos para verificar o êxito do tratamento empregado. Nenhum estudo relatou afrouxamento ou fratura de parafusos, desajustes estruturais ou outras complicações clínicas durante o acompanhamento.

Em dois estudos clínicos (Perrocha-Diago *et al.*, 2017 e Sanchez-Monecillo *et al.*, 2019), foram usados arquivos digitais combinados para fabricar estruturas metálicas e medir o ajuste passivo dessas estruturas. Todos eles reportaram que as estruturas baseadas na técnica de estereofotogrametria eram comparáveis ao método de referência em termos de ajuste passivo. Nenhum relato de caso ou série mencionou complicações durante o acompanhamento, sendo que o ajuste passivo foi sempre alcançado.

Adicionalmente, o ensaio clínico randomizado piloto publicado por Perrocha-Diago *et al.* (2017), considerou a perda óssea marginal (POM) como um desfecho secundário, o que relata uma perda total de $0,6\pm 0,4$ mm, e nenhuma diferença estatística significativa entre a SPG ($0,7\pm 0,5$ mm) e a CNV ($0,6\pm 0,22$ mm), com um acompanhamento radiográfico após dois anos. Ambos os grupos permaneceram dentro do limite admissível de POM de aproximadamente 1 mm durante o primeiro ano após o carregamento protético, e a subsequente perda óssea anual não ultrapassou 0,2 mm.

IV. DISCUSSÃO

A veracidade e a precisão são medidas padronizadas bem descritas para avaliar a precisão de impressões digitais e convencionais. Enquanto a veracidade representa o grupo de teste comparado com a referência verdadeira, a precisão descreve a repetibilidade de um procedimento (Pradíes G *et al.*, 2014). Contudo, a veracidade e a precisão são avaliadas para desvios lineares, angulares e superficiais.

Dados de referência podem ser convenientemente obtidos em estudos laboratoriais por máquinas de medição por coordenadas (MMC), *scanners* industriais ou laboratoriais com um nível muito alto de precisão, de apenas alguns micrómetros (Huang R *et al.*, 2020). Por esse motivo, a maioria dos estudos sobre a precisão da impressão de implantes é realizada principalmente *in vitro*, o que limita a aplicabilidade dos resultados na prática clínica. Obter um escaneamento de referência em condições clínicas ainda parece ser uma questão metodológica significativa, pois há uma falta de estudos clínicos com uma avaliação objetiva do ajuste de reabilitações totais fixas implanto suportadas produzidas a partir de impressões digitais, (Rutkūnas V *et al.*, 2023). Portanto, as impressões convencionais ainda são a técnica mais documentada em estudos clínicos, sendo consideradas um controlo positivo confiável.

Vários estudos têm investigado a precisão das impressões digitais para reabilitações totais implanto-suportadas, destacando duas principais técnicas: a digitalização intraoral (IOS) e a estereofotogrametria (SPG). No entanto, as conclusões desses estudos têm sido contraditórias, possivelmente devido a diferenças metodológicas, Ke *et al.* (2023). A precisão dos *scanners* intraorais pode ser afetada por vários fatores, como o tamanho da área edêntula. Diversos estudos apontam para a necessidade de validação clínica adicional da digitalização intraoral, portanto, apesar dos avanços na tecnologia dos *scanners* intraorais, ainda há um caminho a percorrer para garantir a sua confiabilidade em reabilitações totais implanto suportadas.

A estereofotogrametria apresenta algumas vantagens, uma vez que o procedimento de aquisição não é afetado por fatores externos, como condições de luz ambiente ou a presença de áreas desdentadas. Contudo, é importante ressaltar que, atualmente, o sistema de SPG não consegue reproduzir os tecidos moles.

Diferentemente dos *scanners* intraorais, que requerem múltiplos registros, a estereofotogrametria usa um número limitado de imagens de transferências parafusadas especiais, como mencionado por Sanchez-Monecillo *et al.* (2019). Nessa abordagem, apenas as posições dos implantes são registradas, enquanto a superfície dos tecidos moles ou registros de mordida é obtida por meio de *scanners* intraorais ou técnicas convencionais de impressão. Assim, um segundo método torna-se necessário para registrar informações sobre tecidos moles e complementar a posição transferida do implante. Geralmente, isso é alcançado por meio de uma digitalização intraoral ou impressões convencionais, e a fusão dos dois arquivos digitais resultantes representa de maneira precisa a condição intraoral. É importante observar que alguns dos erros provenientes do IOS são incorporados à impressão, reduzindo a precisão geral do arquivo mesclado, como discutido por Perrocha-Diago *et al.* (2017). Por esse motivo, o desenvolvimento da estereofotogrametria deve incluir a capacidade de realizar a digitalização 3D simultaneamente à captura de coordenadas do implante.

Alternativamente, a impressão dos tecidos moles pode ser feita com materiais convencionais, como poliéter ou alginato, e os modelos obtidos digitalizados posteriormente, podem introduzir possivelmente deformação do material. No entanto, os métodos de todos os estudos incluídos descreveram o uso de uma segunda impressão, seja com métodos convencionais ou com diferentes sistemas de IOS. Contudo, nenhum dos estudos *in vitro* simulou condições intraorais, especialmente aqueles que usaram métodos convencionais (Rutkūnas V *et al.*, 2023).

Após a realização da medição por coordenadas (CMM), a análise 3D e a sobreposição dos diferentes arquivos STL, foram os métodos de comparação mais frequentemente observados nos estudos incluídos. A aplicação de valores RMS para corrigir desvios em várias direções, o que ajuda a reduzir os erros associados ao processo de "melhor ajuste". No entanto, é importante observar que alguns estudos examinaram a posição de réplicas de pilares de implantes, enquanto outros analisaram a posição dos marcadores óticos (*scanbodies*) nos implantes, convertendo estas informações em posições 3D de implantes e pilares. Esta abordagem pode não representar fielmente os procedimentos clínicos reais, conforme observado em Gómez-Polo *et al.* (2023) e em Tohme *et al.* (2023).

Em Tohme *et al.* (2023) destacaram que certas partes dos marcadores óticos (*scanbodies*) são muito importantes, pois pequenos erros nessas áreas podem mudar a posição dos implantes. Isso afeta a forma como as próteses fixas são encaixadas nos implantes. No entanto, o mesmo estudo concluiu que a estereofotogrametria teve o pior desempenho nessas porções específicas, apesar de apresentar o melhor desempenho quando todo o marcador ótico (PIC Transfers) era o objeto de interesse. Esse fato não parece afetar a precisão geral ao considerar as posições dos implantes, possivelmente porque cada sistema SPG usa seu próprio conjunto de marcas codificadas, calibradas para aquele dispositivo de câmara específico.

Em todos os relatos de caso, a estereofotogrametria foi descrita como viável e disponível para uso clínico, apresentando precisão, confiabilidade, rapidez e conveniência para os médicos dentistas e os pacientes. Ofereceu um encaixe de prótese passivo ideal, além de resultados estéticos e funcionais adequados, como afirmado por Rutkūnas *et al.* (2023). Além disso, considerando 150 µm como o limite estabelecido para esta revisão para aceitação clínica, a SPG está bem dentro desse intervalo, assim que, o seu erro associado variou de 20 a 77,6 µm nos estudos incluídos.

Embora vários estudos destaquem a confiabilidade da estereofotogrametria, outros indicam uma precisão inferior em comparação com a técnica convencional, conforme relatado por Revilla-León *et al.* (2023).

Os sistemas distribuídos comercialmente, como a PIC Camera® e a ICam4D®, foram os mais usados em todos os estudos. No entanto, mesmo com a necessidade de uma segunda impressão para registrar informações sobre tecidos moles, as técnicas fotogramétricas oferecem tempos de trabalho mais curtos. Além disso, pode reduzir a necessidade de consultas múltiplas em reabilitações de arcadas completas, uma vez que os erros de material de contração são eliminados, resultando possivelmente em taxas mais baixas de desajuste e deformação durante o transporte para o laboratório Perrocha-Diago *et al.* (2017).

Apesar da alta precisão apresentada, são necessários avanços na tecnologia de estereofotogrametria para tornar seu uso diário mais favorável dentro de um fluxo de trabalho simplificado. A integração da digitalização de tecidos moles no mesmo dispositivo poderia eliminar a necessidade de uma impressão adicional, reduzindo assim erros e o tempo de

trabalho. Além disso, uma redução nos custos tornaria esta tecnologia mais acessível aos clínicos, conforme destacado por Zang *et al.* (2023).

Na literatura, Romero *et al.* (2015) realizaram uma comparação dos custos operacionais entre uma abordagem convencional e uma metodologia totalmente digital, observando resultados mais favoráveis para a última. No entanto, eles não detalharam como os números relatados foram obtidos de forma sistemática. Vale ressaltar que um procedimento com menos etapas, para alcançar resultados semelhantes ou até melhores em comparação com outro método, pode ser percebido como mais encorajador para os clínicos, especialmente aqueles com menos experiência em tecnologias digitais. Esta percepção fundamenta-se na ideia de que menos etapas e menos tempo gastos no procedimento, proporcionam maior segurança e clareza no trabalho. Mesmo considerando a curva de aprendizado inerente a novas tecnologias, o uso da estereofotogrametria como um método mais simples pode potencialmente reduzir o erro do operador.

A realização desta revisão sistemática apresentou algumas limitações, devido ao fato de que a maioria dos estudos incluídos foram experimentais ou relatos/series de casos, o que oferece padrões de evidência mais baixos. Além disso, quanto à avaliação da qualidade e ao risco de viés, a maioria dos estudos foi classificada como de baixa qualidade em ambos os aspectos, suscitando dúvidas sobre os métodos empregados, especialmente nos estudos em registros *in vivo*. Nestes últimos, a extrapolação dos resultados precisa ser considerada com cautela. Por outro lado, é importante ressaltar que os estudos *in vitro* não conseguem capturar totalmente as variáveis presentes na cavidade oral, uma vez que as condições intraorais podem influenciar os resultados de forma significativa.

Apesar das limitações, os estudos oferecem suporte para a aplicação clínica do sistema de estereofotogrametria. Contudo, estudos futuros são necessários para explorar a precisão de diferentes sistemas de estereofotogrametria, bem como avaliar o impacto de variáveis como o número de implantes, a distância inter-implantes, o ângulo e a profundidade. Embora este estudo proporcione algum suporte para a aplicação clínica dos sistemas de SPG, investigações adicionais, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, são essenciais para validar a sua eficácia.

V. CONCLUSÃO

Tanto o método de impressão convencional quanto a estereofotogrametria demonstraram precisão semelhante na determinação das posições dos implantes em procedimentos de reabilitações totais.

Dos 13 estudos analisados, apenas 6 mostraram resultados comparativos quantitativos entre a técnica CNV e a técnica de SPG. Desses, 4 destacaram as vantagens em termos de precisão a favor da técnica de SPG. No entanto, a diferença observada não é significativa, uma vez que, a maioria dos estudos apresentam que ambas as técnicas tiveram uma precisão geral abaixo de 150 μm , considerado o limite clinicamente aceitável para esta revisão.

A heterogeneidade metodológica observada entre os estudos destaca a necessidade de padronização em pesquisas futuras. Esta padronização é essencial para fornecer resultados mais confiáveis e comparáveis.

Entre os quatro sistemas de SPG disponíveis comercialmente, apenas dois, o sistema PIC Camera® da PIC Dental e o iCam4D® da Imetric, foram abordados nos estudos incluídos.

A precisão da tecnologia SPG não é afetada pela posição, número ou angulações inter-implantes, conforme evidenciado em diversos estudos. No entanto, um estudo *in vivo* menciona que as distâncias inter-implantes podem influenciar na precisão.

Estudos adicionais são necessários para avaliar mais profundamente o tempo de trabalho e a satisfação médico/paciente. Uma vez que, apenas um estudo avaliou o menor tempo de trabalho e a maior satisfação do paciente e do médico com a aplicação da técnica de SPG em comparação com a técnica CNV com moldeira aberta.

A SPG emerge como uma alternativa tecnológica às moldagens convencionais, destacando a importância de integrar a digitalização dos tecidos moles e a redução de custos, tornando-a mais acessível e otimizada para a eficiência clínica. No entanto, são necessários estudos clínicos adicionais com amostragens mais abrangentes e protocolos robustos para validar estas observações de forma mais conclusiva.

BIBLIOGRAFIA

1. Abduo JA, Lyons KL. *Effect of vertical misfit on strain within screw-retained implant titanium and zirconia frameworks*. J Prosthodont Res. 2012; 56:102-109.
2. Agarwal S, Ashok V, Maiti S. *Open- or Closed-Tray Impression Technique in Implant Prosthesis: A Dentist's Perspective*. J Long Term Eff Med Implants. 2020;30(3):193-198. doi:10.1615/JLONGTERMEFFMEDIMPLANTS.2020035933
3. Agustín-Panadero R, Peñarrocha-Oltra D, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diago M. *Stereophotogrammetry for Recording the Position of Multiple Implants: Technical Description*. Int J Prosthodont. 2015 Nov-Dec;28(6):631-6. doi: 10.11607/ijp.4146. PMID: 26523726.
4. Assunção WG, Gomes EA, Rocha EP, Delben JA. *Three-dimensional finite element analysis of vertical and angular misfit in implant-supported fixed prostheses*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2011 Jul-Aug;26(4):788-96. PMID: 21841989.
5. Bacchi A, Consani RL, Mesquita MF, Dos Santos MB. *Effect of framework material and vertical misfit on stress distribution in implant-supported partial prosthesis under load application: 3-D finite element analysis*. Acta Odontol Scand. 2013 Sep;71(5):1243-9. doi: 10.3109/00016357.2012.757644. Epub 2013 Jan 16. PMID: 23320569.
6. Barker TH, Pedra JC, Sears K, Klugar M, Tufanaru C, Leonardi-Bee J, Aromataris E, Munn Z. *A ferramenta de avaliação crítica JBI revisada para a avaliação do risco de vi s para ensaios clínicos randomizados e controlados*. Síntese de evidências JBI. 2023; 21(3):494-506
7. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. *An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques*. J Prosthet Dent. 2013;110(4):243-251. doi:10.1016/S0022-3913(13)60370-4
8. Branemark PI. *Osseointegration and its experimental background*. J Prosthet Dent. 1983;50(3):399-410. doi:10.1016/S0022-3913(83)80101-2
9. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. *Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses*. Journal of Prosthetic Dentistry. 2018;120(2):232-241. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.11.002
10. Chochlidakis, K., Pappaspyridakos, P., Tsigarida, A., Romeo, D., Chen, Y.W., Natto, Z., et al. *Digital Versus Conventional Full-Arch Implant Impressions: A Prospective Study on 16 Edentulous Maxillae*. J Prosthodont. 2020; 29:281–286.
11. Delucchi F, de Giovanni E, Pesce P, et al. *Framework Materials for Full-Arch Implant-Supported Rehabilitations: A Systematic Review of Clinical Studies*. Materials (Basel). 2021;14(12). doi:10.3390/MA14123251
12. Dounis GS, Ziebert GJ, Dounis KS. *A comparison of impression materials for complete-arch fixed partial dentures*. J Prosthet Dent. 1991;65(2):165-169. doi:10.1016/0022-3913(91)90157-R

13. Drancourt, N.; Auduc, C.; Mouget, A.; Mouxinoux, J.; Auroy, P.; Veyrune, J.-L.; El Osta, N.; Nicolas, E. *Accuracy of Conventional and Digital Impressions for Full-Arch Implant-Supported Protheses: An In Vitro Study*. J. Pers. Med. 2023, 13, 832. <https://doi.org/10.3390/jpm13050832>
14. García-Gil I, Cortés-Bretón-Brinkmann J, Jiménez-García J, Peláez-Rico J, Suárez-García MJ. *Precision and practical usefulness of intraoral scanners in implant dentistry: A systematic literature review*. J Clin Exp Dent. 2020;12(8):e784-e793. doi:10.4317/JCED.57025
15. Geoditic Systems. What is Photogrammetry. [Online].; 2020 [cited 2023 July. Available from: <https://www.geodetic.com/v-stars/what-is-photogrammetry/>.
16. Gómez-Polo M, Barmak AB, Ortega R, Rutkunas V, Kois JC, Revilla-León M. *Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry systems for acquiring 3D dental implant positions: A systematic review*. J Prosthodont. 2023;1–17. <https://doi.org/10.1111/jopr.13751>
17. Haddaway NR, Collins AM, Coughlin D, Kirk S. *The Role of Google Scholar in Evidence Reviews and Its Applicability to Grey Literature Searching*. PLoS One. 2015;10(9):e0138237. doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0138237
18. Hsu CC, Millstein PL, Stein RS. *A comparative analysis of the accuracy of implant transfer techniques*. J Prosthet Dent. 1993 Jun;69(6):588-93. doi: 10.1016/0022-3913(93)90287-x. PMID: 8320644.
19. Huang R, Liu Y, Huang B, Zhang C, Chen Z, Li Z. *Improved scanning accuracy with newly designed scan bodies: An in vitro study comparing digital versus conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation*. Clin Oral Implants Res. 2020;31(7):625-633. doi:10.1111/CLR.13598
20. International Organization for Standardization. ISO 5725-1:1994. *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions*. Geneva: International Organization for Standardization. Published 2018. Accessed October 11, 2022. <https://www.iso.org/standard/11833.html>
21. Jemt T, Bäck T, Petersson A. *Photogrammetry--an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study*. Int J Prosthodont. 1999 Jul-Aug;12(4):363-8. PMID: 10635208.
22. Jemt T, Lie A. *Accuracy of implant-supported protheses in the edentulous jaw. Analysis of precision of fit between cast gold-alloy frameworks and master casts by means of a three-dimensional photogrammetric technique*. Clin Oral Implants Res. 1995;6(3):172-180. doi:10.1034/J.1600-0501.1995.060306.X
23. Jemt T. *Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed protheses supported by Branemark implants in edentulous jaws: a study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup*. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:270–276.
24. Jorquera GJ, Sampaio CS, Bozzalla A, Hirata R, Sánchez JP. *Evaluation of trueness and precision of two intraoral scanners and a conventional impression: an in vivo clinical study*. Quintessence Int. 2021;52(10):904-910. doi:10.3290/J.QI. B1901329
25. Ke Y, Zhang Y, Wang Y, Chen H, Sun Y. *Comparing the accuracy of full-arch implant impressions using the conventional technique and digital scans with and without prefabricated landmarks in the mandible: An in vitro study*. J Dent. 2023 Aug; 135:104561. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104561. Epub 2023 May 24. PMID: 37236297.

26. Kim S, Nicholls JI, Han CH, Lee KW. *Displacement of implant components from impressions to definitive casts*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2006; 21:747–55.
27. Kosago P, Ungurawasaporn C, Kukiattrakoon B. *Comparison of the accuracy between conventional and various digital implant impressions for an implant-supported mandibular complete arch-fixed prosthesis: An in vitro study*. J Prosthodont. 2023; 32:616–624. <https://doi.org/10.1111/jopr.13604>
28. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. *The accuracy of implant impressions: a systematic review*. J Prosthet Dent. 2008 Oct;100(4):285-91. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60208-5. PMID: 18922257.
29. Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. *Accuracy of digital versus conventional implant impressions*. Clin Oral Implants Res. 2015 Jun;26(6):715-9. doi: 10.1111/clr.12375. Epub 2014 Apr 10. PMID: 24720423; PMCID: PMC4428303.
30. Lee YJ, Heo SJ, Koak JY, Kim SK. *Accuracy of different impression techniques for internal-connection implants*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Sep-Oct;24(5):823-30. PMID: 19865622.
31. Ma, B., Yue, X., Sun, Y., Peng, L. and Geng, W. *Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study*. BMC Oral Health. 2021; 21:636.
32. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. *Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature*. BMC Oral Health. 2017;17(1):149. doi:10.1186/S12903-017-0442-X
33. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C. *Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study*. PLoS One. 2016;11(9):e0163107. doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0163107
34. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, Lin WS. *Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology*. Eur J Dent Educ. 2017 Aug;21(3):200-205. doi: 10.1111/eje.12201. Epub 2016 Mar 9. PMID: 26960967.
35. Michalakis KX, Asar NV, Kapsampeli V, Magkavali-Trikka P, Pissiotis AL, Hirayama H. *Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts*. J Prosthet Dent. 2012 Sep;108(3):189-95. doi: 10.1016/S0022-3913(12)60146-2. PMID: 22944315.
36. Mikhail EM, Bethel JS, McGlone JC. *Introduction to Modern Photogrammetry*. New York: Wiley; 2001:473.
37. Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, Currie M, Qureshi R, Mattis P, Lisy K, Mu P-F. Chapter 7: *Systematic reviews of etiology and risk*. In: Aromataris E, Munn Z (Editors). JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI, 2020. Available from <https://synthesismanual.jbi.global>
38. Mühlemann S, Kraus R, Katsoulis J. *Impact of Digital Intraoral Scan Strategies on the Imprecision and Accuracy of Complete-Arch Digital Impressions for Completely Edentulous Maxillae: An In Vitro Study*. Int J Prosthodont. 2018;31(6):589-593. doi:10.11607/ijp.5797
39. Müller P, Ender A, Joda T, Katsoulis J. *Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner*. Quintessence Int. 2016 Apr;47(4):343-9. doi: 10.3290/j.qi.a35524. PMID: 26824085.

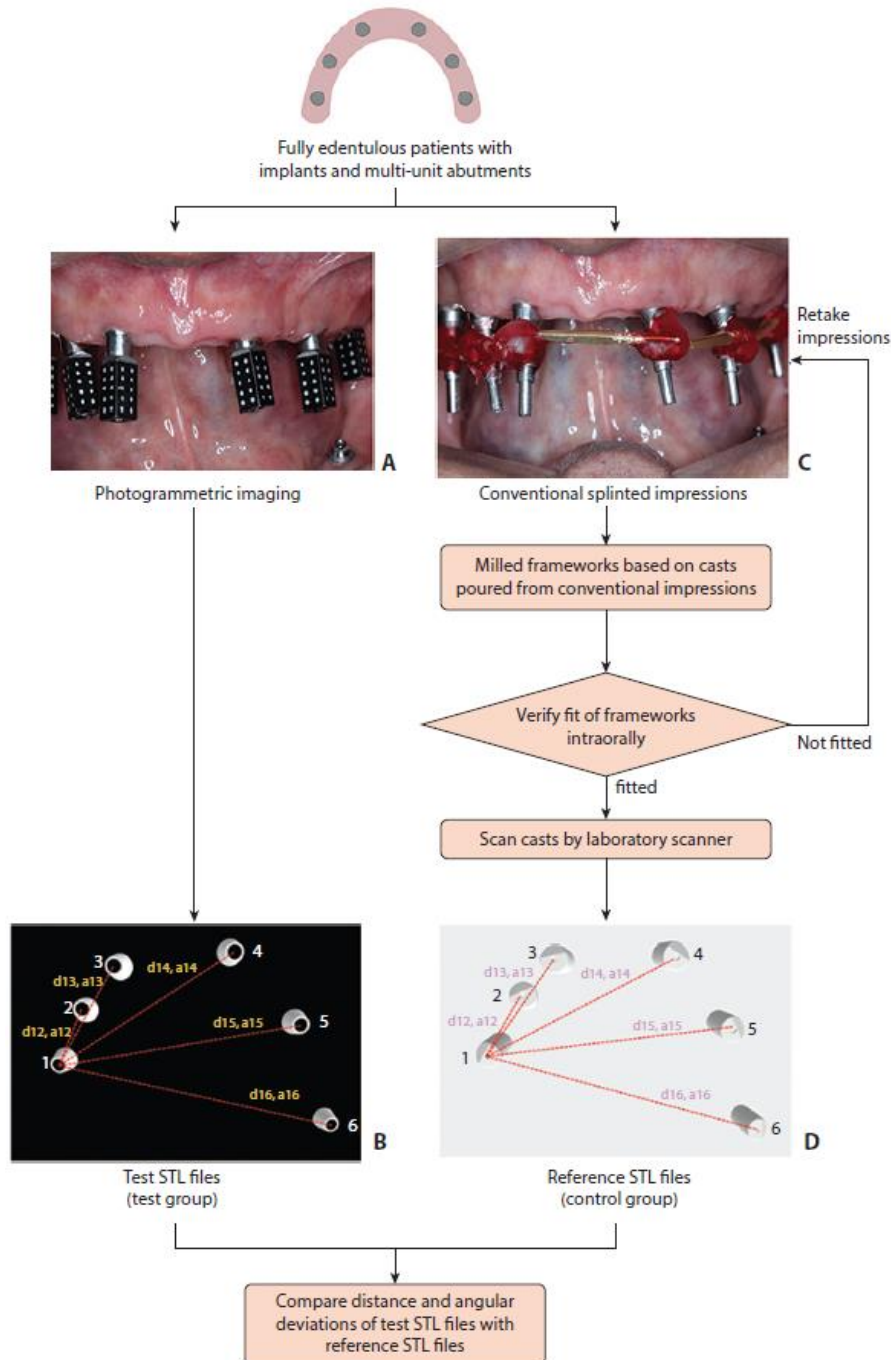
40. Munn Z, Barker TH, Moola S, Tufanaru C, Stern C, McArthur A, Stephenson M, Aromataris E. *Qualidade metodológica de estudos de séries de casos: uma introdução à ferramenta de avaliação crítica JBI*. Síntese de evidências JBI. 2020; 18(10):2127-2133
41. Mutwalli H, Braian M, Mahmood D, Larsson C. *Trueness and Precision of Three-Dimensional Digitizing Intraoral Devices*. Int J Dent. 2018 Nov 26;2018:5189761. doi: 10.1155/2018/5189761. PMID: 30598665; PMCID: PMC6287154.
42. Papaspyridakos P, Chen CJ, Chuang SK, Weber HP, Gallucci G. *A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2012;27(1):102-110.
43. Papaspyridakos P, Chen CJ, Gallucci GO, Doukoudakis A, Weber HP, Chronopoulos V. *Accuracy of implant impressions for partially and completely edentulous patients: a systematic review*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014 Jul-Aug;29(4):836-45. doi: 10.11607/jomi.3625. PMID: 25032763.
44. Papaspyridakos P, De Souza A, Finkelman M, et al: *Digital vs conventional full-arch implant impressions: A retrospective analysis of 36 edentulous jaws*. J Prosthodont 2023; 32:325–330. <https://doi.org/10.1111/jopr.13536>
45. Peñarrocha-Diago M, Balaguer-Martí JC, Peñarrocha-Oltra D, Balaguer-Martínez JF, Agustín-Panadero R. *A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete-arch, implant-supported prostheses: a randomized controlled pilot clinical trial*. J Prosthet Dent. 2017; 118:596–03.
46. Pereira ALC, Medeiros VR, de Fátima Trindade Pinto Campos M, de Medeiros AKB, Yilmaz B, da Fonte Porto Carreiro A. *Conventional and digital impressions for complete-arch implant-supported fixed prostheses: time, implant quantity effect and patient satisfaction*. J Adv Prosthodont. 2022;14(4):212-222. doi:10.4047/JAP.2022.14.4.212
47. Pradies G, Ferreiroa A, Özcan M, Giménez B, Martínez-Rus F. *Using stereophotogrammetric technology for obtaining intraoral digital impressions of implants*. J Am Dent Assoc. 2014 Apr;145(4):338-44. doi: 10.14219/jada.2013.45. PMID: 24686966.
48. Revilla-León M, Meyers MJ, Zandinejad A, Özcan M. *Intraoral scanning to fabricate complete-arch implant-supported zirconia prostheses: A systematic review and meta-analysis*. J Prosthet Dent. 2020;124(4):413-420.e3. doi:10.1016/J.PROSDENT.2019.03.008
49. Revilla-León M, Rubenstein J, Methani MM, Piedra-Cascón W, Özcan M, Att W. *Trueness and precision of complete-arch photogrammetry implant scanning assessed with a coordinate-measuring machine*. J Prosthet Dent. 2023 Jan;129(1):160-165. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.05.019. Epub 2021 Jun 18. PMID: 34154820.
50. Revilla-León, M., Att, W., Özcan, M. and Rubenstein, J. *Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine*. J Prosthet Dent. 2021; 125:470–478.

51. Rivara F, Lumetti S, Calciolari E, Toffoli A, Forlani G, Manfredi E. *Photogrammetric method to measure the discrepancy between clinical and software-designed positions of implants*. J Prosthet Dent. 2016 Jun;115(6):703-11. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.017. Epub 2016 Jan 13. PMID: 26794693.
52. Romero L, Jiménez M, Espinosa Mdel M, Domínguez M. *New Design for Rapid Prototyping of Digital Master Casts for Multiple Dental Implant Restorations*. PLoS One. 2015 Dec 22;10(12):e0145253. doi: 10.1371/journal.pone.0145253. PMID: 26696528; PMCID: PMC4687924.
53. Rutkūnas V, Gedrimienė A, Mischitz I, Mijiritsky E, Huber S. *EPA Consensus Project Paper: Accuracy of Photogrammetry Devices, Intraoral Scanners, and Conventional Techniques for the Full-Arch Implant Impressions: A Systematic Review*. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2023 Jun 13. doi: 10.1922/EJPRD_2481Rutkunas12. Epub ahead of print. PMID: 37314199.
54. Saleh Saber F, Abdel Kader Attia N, Hassan M, et al. *In vitro assessment of the accuracy of digital and conventional techniques for the fabrication of complete dentures*. Int J Prosthodont. 2021;34(1):76-83. doi:10.11607/ijp.6973
55. Sánchez-Monescillo A, Hernanz-Martín J, González-Serrano C, González-Serrano J, Duarte S Jr. *All-on-four rehabilitation using photogrammetric impression technique*. Quintessence Int 2019; 50:288–93.
56. Sánchez-Monescillo A, Sánchez-Turrión A, Vellon-Domarco E, Salinas-Goodier C, Prados-Frutos J. *Photogrammetry Impression Technique: A Case History Report*. Int J Prosthodont. 2016;29(1):71-73. doi:10.11607/IJP.4287
57. Su TS, Sun J. *Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study*. J Prosthodont Res. 2015;59(4):236-242. doi:10.1016/J.JPOR.2015.02.004
58. Sun XL, Miyazaki T, Shinkai K. *On the features of machine tools in the next-generation CAM system*. J Oral Sci. 2011;53(3):281-285. doi:10.2334/JOSNUS.53.281
59. Tan MY, Yee SHX, Wong KM, Tan YH, Tan KBC. *Comparison of three-dimensional accuracy of digital and conventional implant impressions: effect of interimplant divergence angle*. Int J Oral Maxillofac Implants. 2019;34(6):1241-1250. doi:10.11607/JOMI.7914
60. The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. *Photogramm Eng Remote Sens*. 1989;55:979-984. Accessed October 16, 2022. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1989journal/jul/1989_jul_979-984.pdf
61. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017 May;117(5S): e1-e105. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.12.001. PMID: 28418832.
62. Tohme H, Lawand G, Eid R, Ahmed KE, Salameh Z, Makzoume J. *Accuracy of implant level intraoral scanning and photogrammetry impression techniques in a complete arch with angled and parallel implants: An in vitro study*. Applied Sciences (Switzerland). 2021;11(21). doi:10.3390/APP11219859
63. Tohme, H., Lawand, G., Chmielewska, M. and Makhzoume, J. *Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study*. J Prosthet Dent. 2023; S0022391321002699

64. Tufanaru C, Munn Z, Aromataris E, Campbell J, Hopp L. Chapter 3: Systematic reviews of effectiveness. In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI, 2020. Available from <https://synthesismanual.jbi.global>
65. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. *An evaluation of impression techniques for multiple internal connection implant prostheses*. J Prosthet Dent 2004;92(5):470-476.
66. Wennerberg, A.; Albrektsson, T. *Current Challenges in Successful Rehabilitation with Oral Implants*. J. Oral Rehabil. 2011, 38, 286–294.
67. Willomitzer, F. (2019). State of the Art: *The Basic Principles of Optical 3D Metrology*. In: *Single-Shot 3D Sensing Close to Physical Limits and Information Limits*. Springer Theses. Springer, Cham. https://doi-org.ezproxy.bu.edu/10.1007/978-3-030-10904-2_3.
68. Yilmaz B, McGlumphy E, Lane M, et al. *Evaluation of microgaps between implant components and fit of implant prostheses: A comparison of three techniques*. J Prosthet Dent. 2018;119(4):549-554. doi:10.1016/J.PROSDENT.2017.05.021
69. Zhang, Y.J., Qian, S.J., Lai, H.C. and Shi, J.Y. *Accuracy of photogrammetric imaging versus conventional impressions for complete-arch implant-supported fixed dental prostheses: A comparative clinical study*. J Prosthet Dent. 2023; S0022-3913(21)00567-9.
70. Zhao J, Li J, Xu Y, et al. *Evaluation of the marginal and internal fit of 3D-printed provisional crowns*. J Prosthet Dent. 2020;123(5):806-812. doi:10.1016/J.PROSDENT.2019.01.030
71. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. *Intraoral scanning systems – a current overview*. Int J Comput Dent. 2015;18(2):101-129. Accessed October 20, 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26154730>
72. Zizelmann C, Krastl G, Hecker H, et al. *Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner*. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2018;154(3):471-478. doi:10.1016/J.AJODO.2017.12.017
73. Zugaj EW, Lipiec J, Padzik M, Grocholewicz K. *In vitro analysis of the influence of implant angulation and impression technique on the accuracy of open tray implant impressions*. BMC Oral Health. 2020;20(1):303. doi:10.1186/S12903-020-01359-5

ANEXOS

Anexo 1 Fluxo de trabalho (Zhang C *et al.*, 2023). **A**, ICam4Bodies com pontos-alvo inseridos em pilares multiunidades para geração de imagens estereofotogramétricas. **B**, Imagens estereofotogramétricas convertidas em arquivos STL de tampas de cicatrização virtuais fixadas em pilares multiunit. Distâncias e angulações medidas entre diferentes implantes. **C**, Impressão convencional com moldeira aberta **D**, Distâncias e angulações entre diferentes implantes ($d1n$; $a1n$) medidas em modelos convencionais digitalizados. STL, linguagem de mosaico padrão. (Adaptado e sem autorização do autor).



Anexo 2 Câmara de alta precisão PIC e aditamentos PIC Transfers aparafusados nos implantes do paciente.



Anexo 3 IMetric ICam4D® e ICamBodies no modelo. (<https://www.voxelds.com/scanning/icam-4d>)
(Adaptado e sem autorização do autor).



Anexo 4 Análise do Risco de Viés de acordo com *JBICritical Appraisal Checklist for Quasi-Experimental Studies*, (Tufanaru C *et al.*, 2020).

	Ma <i>et al.</i>, 2021	Revilla- León <i>et al.</i>, 2023	Revilla- León <i>et al.</i>, 2020	Tohme <i>et al.</i>, 2023	Drancourt <i>et al.</i>, 2023	Kosago P <i>et al.</i>, 2023	Ke Y <i>et al.</i>, 2023
1- Is it clear in the study what is the 'cause' and what is the 'effect' (i.e. there is no confusion about which variable comes first)?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
2- Were the participants included in any comparisons similar?	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable
3- Were the participants included in any comparisons receiving similar treatment/care, other than the exposure or intervention of interest?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
4- Was there a control group?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
5- Were there multiple measurements of the outcome both pre and post the intervention/exposure?	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable
6- Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable
7- Were the outcomes of participants included in any comparisons measured in the same way?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
8- Were outcomes measured in a reliable way?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
9- Was appropriate statistical analysis used?	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes

Anexo 5 Análise do Risco de Viés de acordo com JBI *Critical Appraisal Checklist for Case Reports*, (Moola S *et al.*, 2020).

	Monecillo <i>et al.</i> 2016	Sanchez-Monecillo <i>et al.</i> 2019
1- Were patient's demographic characteristics clearly described?	yes	yes
2- Was the patient's history clearly described and presented as a timeline?	no	yes
3- Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?	yes	yes
4- Were diagnostic tests or assessment methods and the results clearly described?	yes	yes
5- Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?	yes	yes
6- Was the post-intervention clinical condition clearly described?	yes	yes
7- Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?	no	unclear
8- Does the case report provide takeaway lessons?	yes	yes

Anexo 6 Análise do Risco de Viés de acordo com JBI *Critical Appraisal Tool for assessment of risk of bias for randomized controlled trials*. (Barker TH *et al.*, 2023).

	Perrocha-Diago <i>et al.</i> 2017
1- Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?	yes
2- Was allocation to treatment groups concealed?	unclear
3- Were treatment groups similar at the baseline?	yes
4- Were participants blind to treatment assignment?	yes
5- Were those delivering the treatment blind to treatment assignment?	yes
6- Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?	yes

Anexo 7 Análise do Risco de Viés de acordo com JBI *Critical Appraisal Checklist for cohort studies*. (Moola S *et al.*, 2020).

	Chochlidakis <i>et al.</i> 2020	Papaspyridakos <i>et al.</i>, 2022
1- Were the two groups similar and recruited from the same population?	yes	yes
2- Were the exposures measured similarly to assign people to both exposed and unexposed groups?	yes	yes
3- Was the exposure measured in a valid and reliable way?	yes	yes
4- Were confounding factors identified?	No	No
5- Were strategies to deal with confounding factors stated?	unclear	unclear
6- Were the groups/participants free of the outcome at the start of the study (or at the moment of exposure)?	yes	yes
7- Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	yes	yes
8- Was the follow up time reported and sufficient to be long enough for outcomes to occur?	yes	yes
9- Was follow up complete, and if not, were the reasons to loss to follow up described and explored?	yes	yes
10- Were strategies to address incomplete follow up utilized?	unclear	unclear
11- Was appropriate statistical analysis used?	yes	yes

Anexo 8 Análise do Risco de Viés de acordo com *JBI Critical Appraisal Checklist for Case Series*. (Munn Z *et al.*, 2020)

	Zang <i>et al.</i> 2023
1- Were there clear criteria for inclusion in the case series?	yes
2- Was the condition measured in a standard, reliable way for all participants included in the case series?	yes
3- Were valid methods used for identification of the condition for all participants included in the case series?	yes
4- Did the case series have consecutive inclusion of participants?	yes
5- Did the case series have complete inclusion of participants?	unclear
6- Was there clear reporting of the demographics of the participants in the study?	No
7- Were the outcomes or follow up results of cases clearly reported?	No
8- Was there clear reporting of clinical information of the participants?	No
9- Was there clear reporting of the presenting site(s)/clinic(s) demographic information?	No
10- Was statistical analysis appropriate?	yes