

O Jig de Verificação em Próteses Múltiplas Suportadas por Implantes no Fluxo de Trabalho Digital: Uma Revisão de Escopo

Johnathan de Souza Miranda ^{1,*}, Giovani Flach ¹, Matheus Pinós ¹, Eduardo Mukai ¹

¹ Departamento de Odontologia, Universidade São Leopoldo Mandic, São Paulo, Brasil.

* Correspondência: jonasodonto@gmail.com.

Resumo: A adaptação passiva é um requisito indispensável para a estabilidade mecânica a longo prazo de próteses totais suportadas por implantes, porém a transferência precisa da posição tridimensional dos implantes para o modelo de trabalho ou arquivo digital continua sendo o principal desafio técnico nessa área. Esta revisão de escopo, registrada previamente no Open Science Framework (DOI: 10.17605/OSF.IO/VPKA7) e conduzida de acordo com o PRISMA-ScR, mapeou os métodos, materiais e dispositivos de indexação posicional, particularmente os jigs de verificação, utilizados em próteses totais múltiplas suportadas por implantes no fluxo de trabalho digital. Foram realizadas buscas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus e Web of Science, sem restrições de data ou idioma. Dos 4.341 registros identificados, 16 estudos publicados entre 2002 e 2025 foram incluídos. Cinco avaliaram jigs convencionais de resina; o único estudo clínico entre eles associou o uso do jig a 100% de adaptação passiva, em comparação com 14% sem sua utilização. Oito estudos avaliaram dispositivos auxiliares para escaneamento digital, cujo benefício dependeu da tecnologia óptica do escâner, e um estudo retrospectivo validou uma estrutura calibrada para esplintagem, com 100% de adaptação passiva e 97,8% de sobrevida protética em um ano. Um estudo estabeleceu um limiar de erro RMS inferior a 62,2 µm como parâmetro virtual de segurança biomecânica. O jig de verificação, seja convencional, fresado por CAD/CAM ou funcionalmente substituído por dispositivos auxiliares de escaneamento e estruturas calibradas, continua sendo necessário para a obtenção de adaptação passiva na maioria dos cenários, com base na evidência atual, mesmo em um fluxo de trabalho totalmente digital.

Citação: Miranda JS, Flach G, Pinós M, Mukai E. O Jig de Verificação em Próteses Múltiplas Suportadas por Implantes no Fluxo de Trabalho Digital: Uma Revisão de Escopo. Brazilian Journal of Dentistry and Oral Radiology. 2026 Jan-Dec;5:bjd73.

doi: <https://doi.org/10.52600/2965-8837.bjdor.2026.5.bjd73>

Recebido: 16 Agosto 2026

Aceito: 16 Setembro 2026

Publicado: 28 Setembro 2026

Palavras-chave: Implantes Dentários; Prótese Dentária Suportada por Implantes; Adaptação Marginal Dentária; Técnica de Moldagem Dentária; Desenho Assistido por Computador.



Direitos autorais: Este trabalho está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0).

1. Introdução

O edentulismo total continua sendo uma importante causa de comprometimento da mastigação, fonação e bem-estar psicossocial, e as próteses fixas totais suportadas por implantes tornaram-se a principal estratégia de reabilitação para esses pacientes. O prognóstico a longo prazo dessas estruturas complexas depende não apenas da osseointegração, mas também da qualidade biomecânica da interface implante-estrutura, que é determinada pela precisão posicional obtida durante as etapas clínicas e laboratoriais de fabricação [1]. A adaptação passiva, definida como o assentamento simultâneo, concêntrico e livre de tensão de uma estrutura multiunitária sobre seus pilares, na ausência de carga oclusal, é um requisito indispensável para a homeostase peri-implantar. A ausência de adaptação passiva introduz tensões estáticas residuais nos componentes protéticos, nos implantes e no osso peri-implantar, predispondo o sistema, sob carga funcional, ao afrouxamento ou fratura dos parafusos, à deformação da barra e à perda óssea marginal progressiva, que pode culminar na falha do implante [1,2].

A transferência precisa da posição tridimensional dos implantes da cavidade oral para o laboratório constitui o principal obstáculo técnico na fabricação de próteses totais. No fluxo de trabalho analógico convencional, a distorção dos materiais de moldagem elastoméricos e a expansão linear de presa do gesso odontológico comprometem essa transferência, com erros que aumentam proporcionalmente à extensão do arco e ao número de pilares [3,4]. Para neutralizar essas alterações volumétricas, a literatura odontológica utiliza há décadas o jig de verificação convencional, que consiste na esplintagem rígida dos componentes de moldagem com materiais dimensionalmente estáveis, como a resina acrílica autopolimerizável, para validar o modelo mestre antes da fundição ou fresagem [5].

A transição para os fluxos de trabalho digitais, impulsionada pelos escâneres intraorais (IOS), teve como objetivo eliminar essas variáveis físicas e proporcionar maior conforto ao paciente por meio de moldagens ópticas. Entretanto, a aplicação dessa tecnologia em arcos totalmente edêntulos revelou uma limitação crítica: a ausência de referências anatômicas estáveis e queratinizadas faz com que os algoritmos de captura dependam da sobreposição matemática sucessiva de superfícies tridimensionais desprovidas de características anatômicas. Esse erro de sobreposição acumula-se progressivamente ao longo do arco, comprometendo a precisão da malha digital e podendo prejudicar a adaptação passiva de estruturas extensas [6,7].

Para minimizar o erro de sobreposição, as estratégias contemporâneas têm se concentrado no indexamento virtual, incluindo dispositivos auxiliares de escaneamento acoplados aos scan bodies, protocolos híbridos baseados no escaneamento extraoral de moldagens ou jigs físicos e estruturas calibradas para esplintagem. Esses métodos fornecem referências geométricas fixas e vetores estáveis de rastreamento para o software de captura, interrompendo a deriva geométrica do algoritmo de sobreposição [8–11]. O mapeamento dessas tecnologias emergentes de indexação constitui uma prioridade científica, uma vez que a validação clínica de reabilitações totais em fluxo de trabalho totalmente digital depende fundamentalmente de sua previsibilidade.

Apesar do número crescente de investigações sobre a distorção associada ao escaneamento intraoral, as evidências disponíveis permanecem fragmentadas, com marcada heterogeneidade nos desenhos experimentais, modelos de avaliação, equipamentos de escaneamento e materiais testados, além de métricas de precisão inconsistentes, incluindo desvio de raiz quadrática média (RMS), testes mecânicos de mobilidade (teste de Sheffield) e mensuração micrométrica direta da desadaptação marginal [12,13]. Até o momento, nenhuma revisão de escopo organizou sistematicamente essas evidências. Portanto, esta revisão teve como objetivo mapear a literatura sobre técnicas de indexação na implantodontia digital, comparando jigs de verificação convencionais, dispositivos auxiliares de escaneamento digital e estruturas calibradas para esplintagem quanto à precisão posicional e à adaptação passiva em reabilitações totais extensas suportadas por múltiplos implantes, seguindo a metodologia do Joanna Briggs Institute e a estrutura PCC (População, Conceito e Contexto) [14,16].

2. Materiais e Métodos

Esta revisão de escopo seguiu o modelo de cinco etapas de Arksey e O'Malley, posteriormente aprimorado por Levac e colaboradores, e foi relatada de acordo com as diretrizes PRISMA-ScR. O protocolo foi registrado a priori no Open Science Framework (OSF; <https://osf.io/vpka7>; DOI: 10.17605/OSF.IO/VPKA7) [14]. A questão de pesquisa foi estruturada segundo a estrutura PCC do JBI [16]: População, próteses totais suportadas por implantes, com ≥ 4 implantes, em pacientes edêntulos ou em modelos experimentais simulados; Conceito, jigs de verificação convencionais, dispositivos auxiliares de escaneamento digital e estruturas calibradas para esplintagem (calibrated splinting frameworks, CSF), juntamente com seus materiais de indexação e métricas de precisão;

Contexto, ambientes laboratoriais (in vitro) ou clínicos (in vivo) de reabilitação oral suportada por implantes, sem restrições geográficas ou de idioma.

Foram elegíveis estudos in vitro, in vivo, clínicos retrospectivos e relatos de técnicas que avaliaram métodos de indexação para próteses totais suportadas por implantes (≥ 4 implantes) e apresentaram resultados quantitativos de precisão ou adaptação passiva, incluindo desvio RMS, teste de Sheffield, desadaptação marginal (μm) ou sobreposição de arquivos STL tridimensionais, além de avaliar pelo menos um material ou dispositivo de indexação. Foram excluídos estudos sobre implantes unitários ou próteses parciais fixas de pequena extensão (≤ 3 implantes), revisões narrativas ou sistemáticas, editoriais, estudos em animais e publicações sem dados quantitativos.

Foram realizadas buscas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus e Web of Science, sem restrição de data ou idioma, complementadas pela triagem manual das listas de referências e busca manual em periódicos relevantes. As duplicatas foram removidas utilizando o Rayyan (rayyan.ai). A triagem de títulos e resumos e, posteriormente, dos textos completos, foi realizada manualmente por dois revisores, que discutiram e decidiram cada registro em conjunto, por consenso, aplicando os critérios de elegibilidade predefinidos; um terceiro revisor foi consultado para dirimir divergências pontuais.

Foi utilizado um formulário padronizado para a extração dos seguintes dados: autor, ano, país, periódico, desenho do estudo, tamanho da amostra, dispositivo ou material de indexação, método de mensuração da precisão, fluxo de trabalho protético (analógico, digital ou híbrido), principais resultados quantitativos e conclusões dos autores. De acordo com as recomendações do JBI para revisões de escopo, não foi realizada avaliação crítica formal da qualidade metodológica dos estudos; os achados são apresentados de forma descritiva, e as limitações dos estudos são abordadas na seção de Discussão e Conclusão. Nesse sentido, a ênfase conferida a estudos específicos ao longo da Discussão reflete a singularidade de sua contribuição metodológica dentro do corpus mapeado, e não um julgamento comparativo de validade metodológica em relação aos demais estudos incluídos.

3. Resultados

A busca nas bases de dados identificou 4.341 registros (PubMed/MEDLINE, $n=1.973$; Scopus, $n=1.821$; Web of Science, $n=547$). Após a remoção de 153 duplicatas, 4.188 títulos e resumos foram avaliados, dos quais 4.163 foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade de População, Conceito ou Contexto (PCC). Os 25 registros restantes foram buscados e integralmente recuperados para avaliação do texto completo; 9 foram excluídos, e 16 estudos foram incluídos na síntese final (Figura 1). Os estudos incluídos foram publicados entre 2002 e 2025, sendo 11 (68,8%) publicados nos últimos cinco anos. Os desenhos dos estudos compreenderam in vitro ($n=8$; 50,0%), in vivo ($n=5$; 31,3%), clínicos retrospectivos ($n=2$; 12,5%) e um relato de técnica ($n=1$; 6,2%). Nove estudos avaliaram exclusivamente fluxos de trabalho digitais, dois abordagens híbridas, quatro protocolos analógicos convencionais e um consistiu em um relato de técnica isolado [12]. As características dos estudos estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos estudos incluídos.

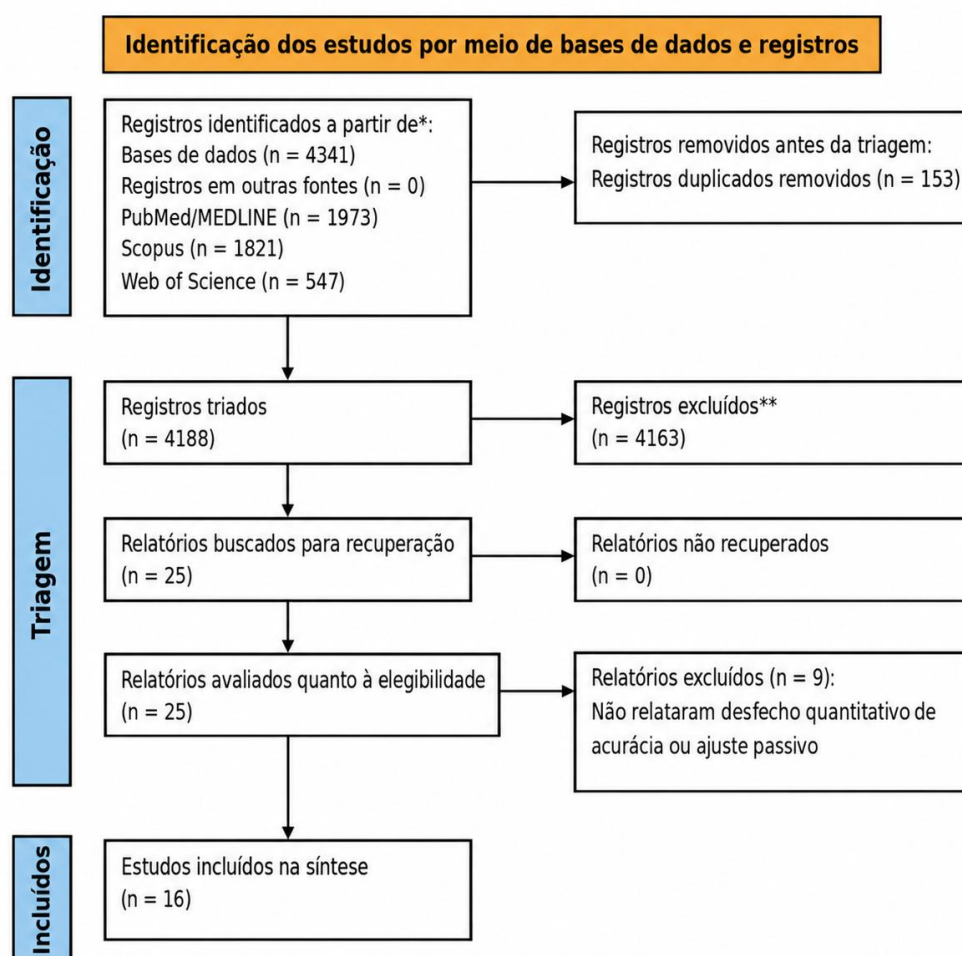
Estudo	Delineamento	Fluxo de trabalho	Método de avaliação da precisão	Principal achado	Tecnologia do Scanner	Superfície Escaneada
[4]	In vitro	Analógico	Mensuração de coordenadas	O jig não apresentou desempenho superior ao modelo de trabalho	Não aplicável	Implante (direto)

Estudo	Delineamento	Fluxo de trabalho	Método de avaliação da precisão	Principal achado	Tecnologia do Scanner	Superfície Escaneada
[2]	Retrospectivo	Analógico	Teste de Sheffield + radiografia	convencional (implantes paralelos idealizados). 100% de adaptação passiva com jig versus 14% sem jig ($p < 0,001$). A técnica de esplintagem foi a mais precisa; o jig foi utilizado como padrão-ouro comparativo.	Não aplicável	Implante (direto)
[1]	In vivo	Híbrido	Escaneamento óptico 3D	Não houve diferença entre os materiais; o aumento da angulação elevou o desvio tridimensional.	Não aplicável	Implante (direto)
[5]	In vitro	Analógico	Sobreposição de arquivos STL	Fotogrametria + jig CAD/CAM permitiram um fluxo de trabalho totalmente digital.	Scanner de bancada Smart Optics 880	Implante (scan body)
[17]	In vivo	Digital	Teste de resistência ao torque do parafuso	O protocolo SIIP apresentou 100% de adaptação passiva.	Fotogrametria (iCam4D); TRIOS apenas como referência	MUA
[9]	In vivo	Híbrido	Teste de Sheffield digital + CMM	O gesso tipo IV apresentou maior precisão; a resina composta foi inadequada.	3M True Definition	MUA
[3]	In vitro	Analógico	Escaneamento 3D de bancada	O dispositivo auxiliar de escaneamento foi superior	Scanner de bancada KaVo ARCTICA Autoscan	Implante (direto)
[18]	In vivo	Digital	Sheffield, VAS, radiografia e torque		TRIOS (confocal)	3 MUA

Estudo	Delineamento	Fluxo de trabalho	Método de avaliação da precisão	Principal achado	Tecnologia do Scanner	Superfície Escaneada
[8]	In vivo	Digital	Desvio linear médio	à moldagem convencional em 11 de 12 casos. O benefício do dispositivo auxiliar de escaneamento dependeu da tecnologia do escâner. Os fluxos de trabalho digitais apresentaram desempenho superior à moldagem com esplintagem.	CS3600 vs. TRIOS 3	Implante (direto)
[13]	In vitro	Digital	Sheffield + de-sadaptação marginal	O dispositivo foi eficaz; a precisão diminuiu com o aumento do número de implantes.	CEREC Primescan	MUA
[7]	In vitro	Digital	RMS (veracidade e precisão)	O CISP foi comparável ao método convencional e apresentou o melhor desempenho entre os grupos digitais.	TRIOS (confocal)	Implante (direto)
[10]	In vitro	Digital	Alinhamento STL + Sheffield virtual	Protocolo acessível para detecção tridimensional pré-clínica de de-sadaptações.	TRIOS (confocal)	Implante (direto)
[12]	Relato de técnica	—	Desadaptação marginal/interna	A CSF foi validada em uma coorte clínica, com sobrevida de 97,8% em 1 ano.	Compatível com scanner laboratorial ou intraoral	MUA
[11]	Retrospectivo	Digital	Sheffield + radiografia + CMM		TRIOS (confocal); 4 sistemas testados em bancada	MUA

Estudo	Delineamento	Fluxo de trabalho	Método de avaliação da precisão	Principal achado	Tecnologia do Scanner	Superfície Escaneada
[19]	In vitro	Digital	RMS, distorção angular/linear	Dispositivo auxiliar de PLA de baixo custo apresentou desempenho equivalente ao método convencional em sítios anteriores.	CEREC Omnicam	MUA
[6]	In vitro	Digital	RMS + desadaptação física (micro-TC)	Primeiro estudo a demonstrar correlação entre RMS e desadaptação física; limiar de 62,2 μ m.	TRIOS 5, Medit i700, Aoralscan 3	Implante (direto)

Figura 1: Fluxograma PRISMA-ScR do processo de seleção dos estudos.



3.1 Jigs de verificação convencionais e materiais de indexação (5 estudos, 2002–2022)

A resina acrílica autopolimerizável, particularmente a GC Pattern Resin, foi consistentemente o material de escolha, refletindo sua superior estabilidade dimensional; o gesso odontológico tipo IV foi o material mais preciso em geral, porém excessivamente frágil para uso intraoral, e a resina composta foi consistentemente contraindicada. Apenas um estudo avaliou o jig em uma coorte clínica real [2], relatando 100% de adaptação passiva com o uso do jig versus 14% sem seu uso, enquanto um estudo laboratorial com implantes paralelos idealizados não encontrou vantagem em relação às moldagens convencionais [4]. Os protocolos de confecção dos jigs não foram padronizados entre os estudos.

Um único estudo [1] utilizou o jig de verificação como referência-padrão para comparar moldagens esplintadas e não esplintadas, estabelecendo um limiar de 59–72 μm de aceitabilidade clínica para conexões externas. Um relato clínico [17] descreveu um jig totalmente digital, projetado e fresado a partir de dados de fotogrametria (zircônia monolítica), com adaptação passiva confirmada clinicamente por meio de teste de resistência ao parafuso.

3.2 Dispositivos auxiliares de escaneamento digital (8 estudos)

O benefício variou de acordo com a tecnologia do escâner: um escâner apresentou melhora de 189 para 135 μm com o uso de um dispositivo auxiliar de escaneamento ($p=0,001$), enquanto outro não demonstrou alteração significativa [8]. Um dispositivo auxiliar geométrico apresentou desempenho superior ao IOS direto e às moldagens convencionais (50 vs. 62 vs. 140 μm ; $p<0,001$) [13]; o protocolo CISP (38,3 μm) apresentou desempenho próximo ao das moldagens convencionais (44,3 μm) e superior ao do dispositivo auxiliar de escaneamento (52,8 μm) e do IOS direto (86,8 μm) [10]; a precisão deteriorou-se progressivamente à medida que o número de implantes aumentou de quatro para seis [7]; um dispositivo auxiliar de baixo custo impresso em PLA apresentou desempenho equivalente ao das moldagens convencionais em sítios anteriores [19]; um estudo clínico piloto alcançou 100% de adaptação passiva em cinco pacientes [9]; e um ensaio clínico constatou que um fluxo de trabalho digital assistido por dispositivo auxiliar de escaneamento foi superior às moldagens convencionais em 11 de 12 casos [18]. Um estudo [6] estabeleceu um limiar de RMS inferior a 62,2 μm , correlacionado à desadaptação física avaliada por microtomografia computadorizada ($R^2=0,845$), como parâmetro virtual de segurança biomecânica.

3.3 Estruturas calibradas para esplintagem

Um estudo retrospectivo com 37 pacientes e 202 implantes [11] validou uma CSF em larga escala, com 100% de adaptação passiva, CenterDelta médio de 0,08 mm, Axis-Delta médio de 0,62° e sobrevida protética de 97,8% em um ano. Um protocolo de escaneamento triplo utilizando software gratuito foi proposto como uma ferramenta acessível para o controle de qualidade pré-clínico de desadaptações marginais e internas [12].

4. Discussão e Conclusão

Esta revisão mapeia três gerações de estratégias de indexação posicional para reabilitações totais suportadas por implantes: o jig de verificação convencional de resina, os dispositivos auxiliares de escaneamento digital acoplados aos scan bodies e as estruturas calibradas para esplintagem. Nas três estratégias, o princípio fundamental permanece inalterado: é necessária uma referência geométrica física ou algorítmica externa para interromper a dependência exclusiva do software de sobreposição de dados de superfície sem características anatômicas. Embora a resina acrílica autopolimerizável permaneça o material consolidado de escolha para a confecção dos jigs, sua superioridade em relação às moldagens convencionais não é unânime: De La Cruz e colaboradores [4] não

encontraram diferença significativa em um modelo idealizado com implantes paralelos, enquanto Ercoli e colaboradores [2], em uma amostra clínica real com angulações e número de implantes variáveis, relataram 100% de adaptação passiva com o jig, em comparação com 14% sem seu uso. Essa aparente contradição provavelmente reflete uma proporcionalidade entre o benefício do jig e a complexidade biomecânica do caso, e não uma inconsistência nas evidências: em cenários idealizados com implantes paralelos, as moldagens convencionais já produzem distorção mínima, enquanto a variabilidade anatômica real potencializa a vantagem do jig.

O benefício clínico de um dispositivo auxiliar de escaneamento não é uma propriedade intrínseca do dispositivo, mas uma função do princípio de aquisição óptica do escâner. Kern e colaboradores [8] demonstraram que o mesmo dispositivo auxiliar reduziu o desvio para um escâner (de 189 para 135 μm), sem efeito mensurável em outro, um padrão corroborado por Fu e colaboradores [6], cujos três escâneres avaliados apresentaram diferentes magnitudes de ganho com o mesmo dispositivo de titânio. Essa heterogeneidade provavelmente reflete o princípio de aquisição de cada sistema: os escâneres baseados em triangulação ativa, que realizam a sobreposição de múltiplas perspectivas capturadas em diferentes momentos, são mais sensíveis a superfícies sem características anatômicas, precisamente o problema que o dispositivo auxiliar de escaneamento procura solucionar, enquanto os escâneres baseados em microscopia confocal já toleram melhor superfícies com pouca textura, limitando o benefício adicional que um dispositivo auxiliar pode proporcionar. Clinicamente, portanto, a indicação de um dispositivo auxiliar de escaneamento deve ser compatibilizada com o sistema de escaneamento disponível, em vez de ser generalizada.

Entre os achados mapeados, o limiar de RMS inferior a 62,2 μm estabelecido por Fu e colaboradores [6] constitui a contribuição metodologicamente mais significativa para a área, por ser o primeiro a correlacionar uma métrica de sobreposição puramente virtual com a desadaptação marginal mensurada fisicamente, oferecendo um parâmetro retrospectivo com o qual estudos anteriores baseados em sobreposição de arquivos STL, a maioria publicados antes da existência dessa correlação, podem agora ser reinterpretados clinicamente.

Essa contribuição, no entanto, deve ser interpretada com cautela metodológica. O RMS é, por definição, um cálculo global de ajuste de superfície que distribui o erro espacial por todos os pontos da malha 3D em um único valor-resumo; uma pontuação de RMS global favorável pode, assim, mascarar um deslocamento linear ou angular severo e localizado em um único sítio implantar — tipicamente o implante mais distal, anatomicamente mais suscetível a distorções acumuladas de escaneamento e, clinicamente, o local onde o afrouxamento de parafuso e a fratura da infraestrutura tendem a se manifestar primeiro. O limiar de 62,2 μm deve, portanto, ser interpretado como um parâmetro complementar de triagem global, e não como substituto da mensuração direta da fenda marginal ou da deformação local em cada sítio.

O estudo retrospectivo de Rustichini e colaboradores [11], o único a validar uma CSF em escala clínica, contrasta com a natureza predominantemente piloto ou *in vitro* dos demais estudos sobre dispositivos auxiliares de escaneamento e sugere que a estrutura calibrada para esplintagem representa a maturação clínica do princípio do dispositivo auxiliar de escaneamento, e não apenas uma variante tecnológica marginal. Esse achado apresenta continuidade conceitual com uma técnica de digitalização de jig extraoral descrita em outro estudo [20] (excluído desta revisão por não apresentar dados quantitativos de precisão, mas relevante como fundamentação teórica): ambas as abordagens substituem a dependência exclusiva do algoritmo de sobreposição por uma etapa externa de validação geométrica.

Para evitar a ambiguidade apontada na literatura entre essas diferentes estratégias de indexação, frequentemente agrupadas sob o termo genérico “jig de verificação”, a Tabela 2 propõe uma classificação explícita das quatro modalidades identificadas nesta

revisão, definindo o mecanismo óptico ou físico predominante, o requisito de componente físico e a categoria de fluxo de trabalho correspondente.

Tabela 2: Taxonomia dos dispositivos de indexação posicional identificados na revisão.

Modalidade	Mecanismo	Requisito Físico	Categoria de Fluxo
Jig convencional (resina/gesso)	Imobilização rígida por moldagem física direta dos implantes ou análogos	Sim – objeto físico intra-oral, incorporado ao modelo de trabalho	Analógico
Dispositivo auxiliar de escaneamento (scan aid)	Geometria de referência fixa que auxilia o algoritmo de sobreposição do scanner intraoral a reconhecer e alinhar capturas sucessivas	Sim – acoplado aos scan bodies durante o escaneamento	Digital / híbrido
Infraestrutura de esplintagem calibrada (CSF)	Esplintagem rígida pré-fabricada industrialmente, validada dimensionalmente antes do uso clínico	Sim – infraestrutura fre-sada incorporada à prótese final	Digital
Jig CAD/CAM guiado por fotogrametria	Triangulação óptica extra-oral de alvos fixados aos implantes, independente do algoritmo de sobreposição intraoral	Parcial – o jig final ainda é fresado fisicamente, mas sua indexação é obtida opticamente fora da boca	Totalmente digital

O relato clínico de Sinada e Papaspyridakos [17], embora limitado a um único caso e sem dados comparativos de precisão, ilustra um ponto conceitualmente importante: mesmo em um fluxo de trabalho totalmente digital, o dispositivo de indexação manteve tanto a nomenclatura quanto a função de um jig, apenas substituindo a resina acrílica utilizada em ambiente clínico por um componente fresado a partir de dados de fotogrametria extraoral. Isso corrobora a hipótese central de que a transição digital não eliminou a necessidade do jig de verificação, apenas deslocou sua etapa de fabricação da clínica para o fluxo de trabalho CAD/CAM; entretanto, a ausência de estudos comparativos de precisão para essa modalidade específica impede qualquer inferência sobre sua superioridade relativa.

A estratificação dos estudos incluídos por tipo de conexão protética revela um padrão ainda não discutido nesta área: Roig e colaboradores [18], Mandelli e colaboradores [9], Eid e colaboradores [13], Eddin e Öñöral [19], Sinada e Papaspyridakos [17] e Rustichini e colaboradores [11] empregam abutments multiunitários (MUA), ao passo que Kernén e colaboradores [8], Lyu e colaboradores [7], Li e colaboradores [10] e Fu e colaboradores [6] utilizam scan bodies acoplados diretamente ao implante. Nota-se que os estudos em nível de MUA concentram-se no subgrupo clínico/in vivo desta revisão, enquanto os estudos de conexão direta concentram-se no subgrupo in vitro de bancada — padrão que impede isolar, a partir do corpus atual, se as diferenças de acurácia decorrem do tipo de conexão, do ambiente de teste ou da interação entre ambos. A geometria do

MUA é biomecanicamente plausível como fator redutor do impacto do não paralelismo entre implantes, embora essa relação não tenha sido diretamente testada por nenhum dos estudos mapeados, permanecendo uma hipótese para pesquisas futuras; recomendações clínicas baseadas exclusivamente na contagem de implantes devem, portanto, ser interpretadas como hipóteses a testar, e não como conclusões definitivas.

A multiplicidade de métricas de precisão identificadas, desde microscopia baseada em coordenadas cartesianas até sobreposição de arquivos STL por meio de softwares de engenharia reversa, reflete a ausência de um protocolo de mensuração unificado. Um protocolo de escaneamento triplo utilizando software gratuito [12] abordou parcialmente essa questão ao ampliar a acessibilidade, porém, enquanto RMS, teste de Sheffield e mensuração direta da desadaptação marginal continuarem sendo relatados isoladamente, sem fatores de conversão validados, a comparação entre estudos e futuras metanálises permanecerão limitadas.

Esse conjunto de evidências está concentrado em delineamentos *in vitro* (8 de 16 estudos), sob condições idealizadas de implantes paralelos que não reproduzem desafios intraorais como saliva, mobilidade dos tecidos moles, abertura bucal limitada e movimentação do paciente, uma limitação explicitamente reconhecida por Fu e colaboradores [6]. Apenas dois estudos retrospectivos [2,11] acompanharam os desfechos além da instalação da prótese, restringindo a inferência causal entre a precisão da indexação e a sobrevida protética ou dos implantes em médio e longo prazo; a heterogeneidade das métricas de precisão também impede uma síntese quantitativa.

Clinicamente, para reabilitações com até quatro implantes em posição aproximadamente paralela, o escaneamento intraoral direto sem dispositivo auxiliar pode apresentar desempenho próximo ao das moldagens convencionais [7,10]. À medida que o número de implantes ou a angulação aumenta, em cenários de arco total com cinco a seis implantes ou implantes inclinados, as evidências mapeadas indicam um benefício crescente do uso de um dispositivo de indexação, seja um dispositivo auxiliar de escaneamento compatível com a tecnologia de escaneamento disponível, seja uma CSF quando se busca validação clínica em maior escala. Nos cenários biomecanicamente mais exigentes, como arcos extensos, implantes divergentes ou histórico de complicações protéticas, a confecção de um jig físico, convencional ou fresado, permanece sendo a estratégia clínica mais amplamente validada.

Em conclusão, o jig de verificação, seja convencional, fresado por CAD/CAM ou funcionalmente substituído por dispositivos auxiliares de escaneamento e estruturas calibradas para esplintagem, continua sendo necessário, com base na evidência atual, na maioria dos cenários de reabilitações totais suportadas por implantes, mesmo em um fluxo de trabalho totalmente digital. Os sistemas de fotogrametria de nova geração e as estruturas calibradas para esplintagem tendem a incorporar essa função de validação geométrica de forma nativa, reduzindo, mas não eliminando, a dependência de uma etapa externa isolada de indexação. O limiar de RMS inferior a 62,2 μm oferece um primeiro parâmetro objetivo para orientar a seleção do dispositivo, mas a concentração das evidências em estudos laboratoriais e a escassez de ensaios clínicos longitudinais ainda limitam a padronização definitiva desses protocolos digitais.

Financiamento: Nenhum.

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa: Nenhum.

Agradecimentos: Nenhum.

Conflitos de Interesse: Nenhum.

Materiais Suplementares: Nenhum.

Referências

1. Papaspyridakos P, Benic GI, Hogsett VL, White GS, Lal K, Gallucci GO. Accuracy of implant casts generated with splinted and non-splinted impression techniques for edentulous patients: an optical scanning study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(6):676-681.
2. Ercoli C, Geminiani A, Feng C, Lee H. The influence of verification jig on framework fit for nonsegmented fixed implant-supported complete denture. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(Suppl 1):e188-e195.
3. Aljohani MS, Bukhari HA, Alshehri M, Alamoudi A. Accuracy of the different materials used to fabricate a verification jig of implant-supported fixed complete dental prostheses: an in vitro study. *Cureus.* 2022;14(9):e29794.
4. De La Cruz JE, Funkenbusch PD, Ercoli C, Moss ME, Graser GN, Tallents RH. Verification jig for implant-supported prostheses: a comparison of standard impressions with verification jigs made of different materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(3):329-336.
5. Papaspyridakos P, Kim YJ, Finkelman M, El-Rafie K, Weber HP. Digital evaluation of three splinting materials used to fabricate verification jigs for full-arch implant prostheses: a comparative study. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(2):102-109.
6. Fu XJ, Liu M, Shi JY, Deng K, Lai HC, Gu W, Zhang XM. Comparison of different intraoral scanners with prefabricated aid on accuracy and framework passive fit of digital complete-arch implant impression: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2025;36(1):17-27.
7. Lyu M, Xu D, Li Y, Zhang S, Zhao H, Yuan Q. Effect of an auxiliary device on scanning accuracy for multiple implants: an in vitro comparative study. *Head Face Med.* 2025;21:32.
8. Kernen F, Brändle D, Wagendorf O, Recca M, Mehrhof J, Vach K, Nahles S, Nelson K, Flügge T. Enhancing intraoral scanner accuracy using scan aid for multiple implants in the edentulous arch: an in vivo study. *Clin Oral Implants Res.* 2023;34(8):793-801.
9. Mandelli F, Zaetta A, Cucchi A, Mangano FG. Solid index impression protocol: a hybrid workflow for high accuracy and passive fit of full-arch implant-supported restorations. *Int J Comput Dent.* 2020;23(2):161-181.
10. Li J, Chen Z, Nava P, Yang S, Calatrava J, Wang HL. Calibrated intraoral scan protocol (CISP) for full-arch implant impressions: an in vitro comparison to conventional impression, intraoral scan, and intraoral scan with scan-aid. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2024;26(5):879-888.
11. Rustichini F, Romolini R, Salimi MC, Gennai L, Vermigli F, Mangano FG. Implant-supported full-arch fixed dental prostheses manufactured through a direct digital workflow using a calibrated splinting framework: a retrospective clinical study. *J Dent.* 2025;154:105605.
12. Dönmez MB, Çakmak G, Schimmel M, Yilmaz B. Implementation of triple-scan protocol to evaluate the fit of complete-arch implant-supported fixed prostheses. *J Prosthodont.* 2025;34(4):441-445.
13. Eid HS, Zohdy MM, Nour M, Salah T. A comparative analysis of the passivity of fit of complete arch implant-supported frameworks fabricated using different acquisition techniques. *J Prosthet Dent.* 2024;131(3):477.e1-477.e8.
14. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol.* 2005;8(1):19-32.
15. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: advancing the methodology. *Implement Sci.* 2010;5:69.
16. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. Chapter 11: scoping reviews. In: Aromataris E, Munn Z, editors. *JBIManual for Evidence Synthesis*. Adelaide: JBI; 2020.
17. Sinada N, Papaspyridakos P. Digitally designed and milled verification jigs generated from photogrammetry data acquisition: a clinical report. *J Prosthodont.* 2021;30(8):651-655.
18. Roig E, Roig M, Garza LC, Costa S, Maia P, Espona J. Fit of complete-arch implant-supported prostheses produced from an intraoral scan by using an auxiliary device and from an elastomeric impression: a pilot clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2022;128(3):404-414.

19. Eddin MBB, Önöral Ö. Influence of splinting scan bodies or incorporating three-dimensionally printed scan aids on the trueness of complete arch digital scans. *J Prosthet Dent*. 2024;132(4):828.e1-828.e8.
20. Rosmaninho A, Vedovato E, Kois JC, Revilla-Leon M. Altered reverse impression method involving extraoral digitalization of a verification jig for the fabrication of implant-supported prosthesis by using a complete-digital workflow. *J Esthet Restor Dent*. 2024;36(4):566-572.