RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

Odontologia digital na reabilitação oral: precisão, eficiência clínica e limites da evidência em fluxos restauradores contemporâneos

Digital Dentistry in Oral Rehabilitation: Accuracy, Clinical Efficiency and Evidence Limits in Contemporary Restorative Workflows

Odontología digital en rehabilitación oral: precisión, eficiencia clínica y límites de evidencia en los flujos de trabajo restaurativos contemporáneos

Paulo Henrique Pergher

Cirurgião-dentista. Odontologia - Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), 2005. Especialização em Prótese Dentária - Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic, 2008. Formação em Ortodontia - Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), 2013. Formação em Implantodontia em andamento - Instituto Orofacial das Américas, 2026-presente.

Resumo

A odontologia digital alterou a forma como dados clínicos são capturados, integrados e convertidos em restaurações, mas a adoção de scanners, softwares e sistemas CAD/CAM não elimina as incertezas do processo diagnóstico e restaurador. Este artigo examina criticamente a evidência disponível sobre escaneamento intraoral, fluxos digitais completos, impressão em arcos extensos, experiência do paciente, fotogrametria e validação clínica. A metodologia consiste em revisão narrativa estruturada de revisões sistemáticas e meta-análises publicadas entre 2021 e 2025, complementadas por literatura de referência. Os estudos mostram benefícios consistentes em eficiência e conforto em determinadas indicações, enquanto a precisão apresenta forte dependência do cenário clínico, extensão do arco, estratégia de aquisição, tecnologia utilizada e desenho do estudo. Conclui-se que a competência digital não consiste em substituir métodos convencionais, mas em reconhecer onde a evidência sustenta o fluxo digital, onde permanece heterogênea e onde a validação clínica continua indispensável.

Palavras-chave: odontologia digital; escaneamento intraoral; CAD/CAM; precisão; prótese dentária; fotogrametria; fluxo digital.

Abstract

Digital dentistry has changed how clinical data are captured, integrated, and converted into restorations, but the adoption of scanners, software, and CAD/CAM systems does not eliminate diagnostic and restorative uncertainty. This article critically examines the available evidence on intraoral scanning, complete digital workflows, full-arch impressions, patient experience, photogrammetry, and clinical validation. The method consists of a structured narrative review of systematic reviews and meta-analyses published between 2021 and 2025, complemented by reference literature. Studies show consistent benefits in efficiency and comfort in selected indications, while accuracy remains strongly dependent on the clinical scenario, arch extension, acquisition strategy, technology used, and study design. Digital competence therefore does not mean replacing conventional methods, but recognizing where evidence supports digital workflows, where it remains heterogeneous, and where clinical validation continues to be indispensable.

Keywords: digital dentistry; intraoral scanning; CAD/CAM; accuracy; prosthodontics; photogrammetry; digital workflow.

Introdução

A digitalização em odontologia costuma ser apresentada como passagem linear do analógico para o digital. Essa narrativa é atraente, mas cientificamente incompleta. Um fluxo digital não é uma técnica

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

única: inclui captura, processamento, alinhamento, desenho, biblioteca, fabricação e validação, e cada etapa possui fontes próprias de erro.

Bernauer, Zitzmann e Joda (2023), em revisão sistemática atualizada sobre fluxos digitais completos em prótese fixa, localizaram apenas 16 estudos clínicos elegíveis entre 394 registros inicialmente identificados. A expansão tecnológica, portanto, foi mais rápida do que a produção de ensaios clínicos capazes de responder a todas as indicações. Os autores encontraram evidência mais consolidada para cenários específicos, especialmente coroas monolíticas posteriores.

A precisão também não pode ser tratada como característica fixa de um scanner. Vitai et al. (2023), em meta-análise em rede com 53 artigos e 26 scanners, demonstraram que a acurácia de varreduras de arco completo varia conforme a condição clínica. Este artigo parte dessa heterogeneidade para discutir oito dimensões da odontologia digital: aquisição, acurácia, eficiência, arcos extensos, experiência do paciente, fotogrametria, integração CAD/CAM e validação.

2. Metodologia

Foi realizada revisão narrativa estruturada com foco em revisões sistemáticas e meta-análises sobre fluxos digitais aplicados à prótese e à reabilitação oral. Foram priorizados trabalhos indexados no PubMed e publicados em periódicos com metodologia explícita.

O conjunto principal inclui Bernauer, Zitzmann e Joda (2023), Vitai et al. (2023), Ma et al. (2023), Matos et al. (2023), Cai et al. (2024), Joensahakij et al. (2024) e revisões recentes sobre fotogrametria. Os estudos foram lidos segundo o desfecho investigado: trueness, precision, tempo clínico, satisfação, desconforto, desempenho de fluxo completo e diferença entre métodos de impressão. Esses desfechos não foram tratados como equivalentes.

Foi mantida a distinção entre evidência in vitro e in vivo. Estudos laboratoriais permitem controle rigoroso e comparação geométrica, mas não reproduzem integralmente saliva, movimento, acesso, tecidos e comportamento do operador.

Também foi considerada a evolução tecnológica. Resultados obtidos com gerações anteriores de scanners não devem ser transferidos automaticamente para novos equipamentos, e revisões recentes podem apresentar conclusões diferentes de sínteses publicadas poucos anos antes.

O artigo evita promover marcas comerciais. A ênfase está em princípios de indicação, validação e leitura crítica da evidência, aplicáveis independentemente do fabricante utilizado.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

3.1 O que significa precisão em um fluxo digital

Em odontologia digital, accuracy é frequentemente dividida em trueness e precision. Trueness descreve proximidade do resultado em relação a uma referência; precision descreve consistência entre repetições. Um sistema pode produzir resultados repetíveis e ainda assim apresentar desvio sistemático.

Essa distinção é fundamental porque um scanner não 'mede' uma boca inteira de uma única vez. Ele captura sucessivas imagens ou dados de superfície e os une por algoritmos. Quanto maior a extensão, maior a possibilidade de erro acumulado de stitching.

Vitai et al. (2023) incluíram 53 artigos e compararam 26 scanners em diferentes cenários de arco completo. Os autores concluíram que a acurácia varia conforme o tipo de arco e encontraram diferenças significativas entre dispositivos.

Em situações parcialmente edêntulas com implantes, a meta-análise encontrou diferenças em relação às referências e entre scanners. Isso demonstra que a pergunta cientificamente útil não é 'o escaneamento digital é preciso?', mas 'é suficientemente preciso para esta indicação, nesta extensão e com este protocolo?'.

A precisão geométrica também precisa ser ligada ao desfecho clínico. Pequenos desvios podem ser irrelevantes em uma coroa unitária e clinicamente importantes quando se acumulam ao longo de um arco extenso.

A competência digital começa, portanto, pela linguagem. Entender o que o estudo realmente mediu evita transformar uma propriedade estatística em promessa clínica genérica.

3.2 Escaneamento intraoral em arcos dentados e parcialmente edêntulos

Escâneres intraorais apresentam desempenho particularmente consistente em áreas limitadas, nas quais o percurso de aquisição é curto e existem referências anatômicas abundantes. A dificuldade cresce à medida que o arco se torna mais extenso ou apresenta longas regiões sem dentes.

Vitai et al. (2023) mostraram que a condição do arco modifica a acurácia. Isso explica por que estudos realizados em modelos totalmente dentados não podem ser utilizados automaticamente para justificar desempenho em pacientes edêntulos.

A estratégia de escaneamento também interfere. Sequência, velocidade, distância do sensor, presença de saliva e capacidade de manter referências visuais podem influenciar o alinhamento dos dados.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

Em 2024, Cai et al. reuniram 49 estudos sobre impressões digitais e convencionais em arcos edêntulos. A meta-análise mostrou que a comparação entre métodos dependia do método de mensuração e da configuração dos implantes, além de apresentar heterogeneidade relevante.

Os autores consideraram a acurácia clinicamente aceitável em arcos edêntulos em determinadas condições, mas pediram mais estudos clínicos. Essa formulação é importante: aceitabilidade em uma meta-análise não equivale à superioridade universal do método.

Assim, a extensão do arco precisa ser tratada como variável clínica. Quanto maior a distância de aquisição, maior deve ser a preocupação com validação do conjunto.

3.3 Eficiência clínica: onde o digital demonstra vantagem mais consistente

Tempo clínico é um dos desfechos mais frequentemente avaliados em fluxos digitais. Bernauer, Zitzmann e Joda (2023) observaram que eficiência temporal foi o resultado mais reportado entre os estudos clínicos de workflow completo.

Ma et al. (2023), em revisão sistemática de dez estudos in vivo sobre impressões digitais relacionadas a implantes, encontraram redução média de 8,59 minutos no procedimento em arcos completos em comparação com a impressão convencional nos estudos analisados.

Esse ganho precisa ser interpretado dentro do processo total. Uma aquisição mais rápida pode ser seguida por necessidade de correções, reescaneamentos, ajustes laboratoriais ou validações adicionais. Por isso, tempo de cadeira e tempo total de tratamento não são necessariamente equivalentes.

Em situações bem indicadas, a eliminação de moldeiras, materiais, vazamento de modelo e transporte físico reduz etapas. A transmissão eletrônica também diminui o intervalo entre consultório e laboratório.

A eficiência digital também depende de curva de aprendizado. Operadores experientes tendem a completar aquisições com maior consistência, enquanto equipes em adaptação podem apresentar tempos maiores.

Portanto, velocidade é benefício real, mas deve ser tratada como uma dimensão entre várias. A melhor técnica não é obrigatoriamente a mais rápida; é aquela que combina tempo, acurácia, previsibilidade e possibilidade de correção.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

3.4 Experiência do paciente e desfechos relatados

A impressão convencional pode produzir náusea, desconforto, sensação de sufocamento ou gosto desagradável em parte dos pacientes. O escaneamento digital modifica essa experiência ao substituir material de moldagem por aquisição óptica.

Matos et al. (2023) incluíram 11 estudos em meta-análises de resultados relatados pelo paciente. A preferência favoreceu o escaneamento intraoral, e diferenças significativas também foram encontradas para desconforto, náusea, gosto desagradável e dificuldade respiratória.

Esse conjunto de dados é relevante porque a experiência do paciente influencia adesão e percepção de qualidade. Em odontologia baseada em evidências, preferência não substitui acurácia, mas deve ser considerada quando duas opções oferecem desempenho clínico aceitável.

A preferência também pode variar conforme indicação. Escaneamentos longos ou necessidade de múltiplas repetições podem reduzir parte da vantagem percebida.

Resultados relatados pelo paciente exigem instrumentos e perguntas adequadas. Uma experiência mais confortável não permite inferir automaticamente maior longevidade da restauração.

A melhor decisão integra esses planos: se duas técnicas são clinicamente adequadas, a experiência do paciente pode orientar escolha. Quando uma técnica apresenta risco de acurácia inadequada, conforto isolado não deve prevalecer.

3.5 Arcos extensos, edentulismo e a fronteira da evidência

Os casos de arco completo concentram algumas das discussões mais importantes da odontologia digital. A ausência de referências dentárias e a grande distância entre áreas de captura favorecem erro acumulado.

Uma revisão de 2021 sobre varreduras de arco completo para restaurações sobre múltiplos implantes encontrou ampla variabilidade de trueness e precision e concluiu que, naquele conjunto de estudos, muitos resultados ainda ultrapassavam limites propostos de aceitabilidade clínica.

Em 2024, porém, Cai et al. chegaram a uma interpretação mais favorável para alguns cenários, mostrando como evolução tecnológica e diferenças metodológicas modificam o panorama.

Joensahakij et al. (2024), ao revisar 23 estudos in vitro comparando métodos convencionais e digitais em arcos completos, encontraram resultados divididos: doze estudos favoreceram técnicas digitais, seis favoreceram convencionais e cinco reportaram desempenho comparável.

Essa distribuição é mais informativa do que qualquer slogan. Ela mostra que o campo está em transição e que a superioridade depende da tecnologia, da situação clínica e da forma de medição.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

Quando a evidência é heterogênea, o comportamento mais científico é validar. Provas clínicas, estruturas de verificação e métodos híbridos permanecem úteis em situações nas quais o custo de uma distorção acumulada é alto.

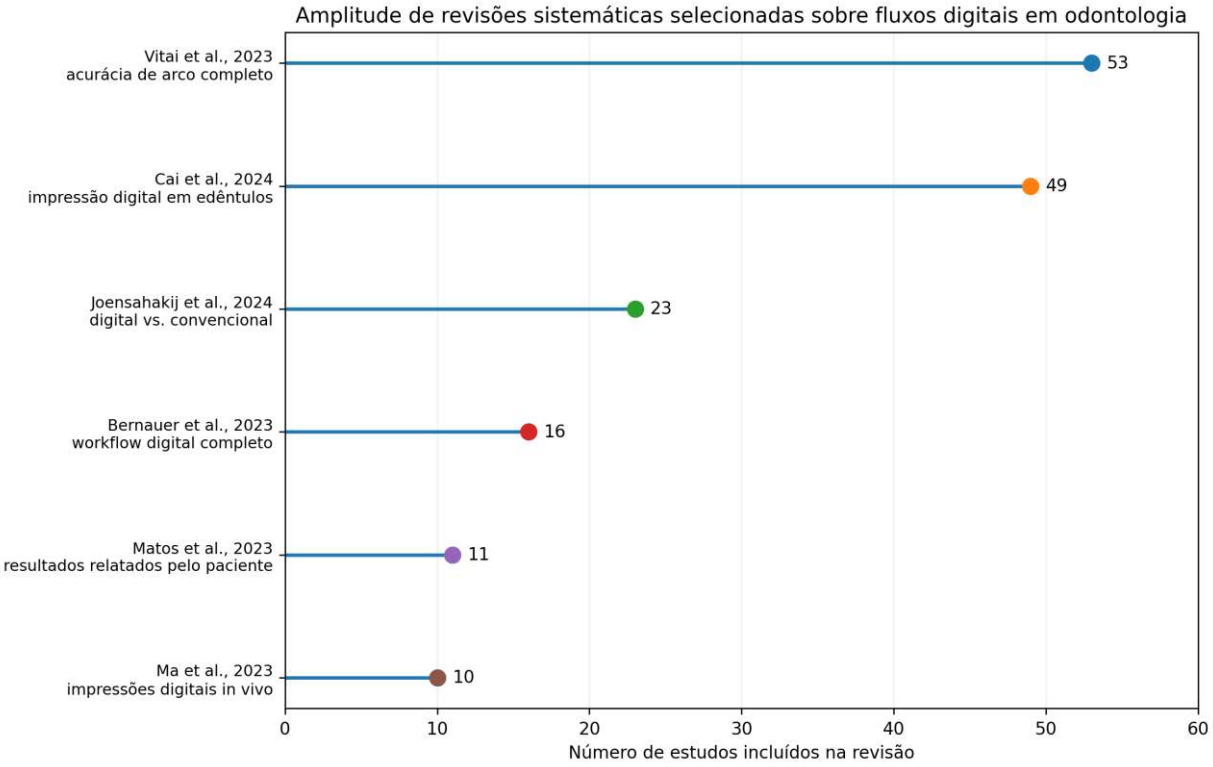

Figura 1. Número de estudos incluídos em revisões sistemáticas selecionadas que fundamentam a discussão sobre fluxos digitais, acurácia e experiência do paciente. Fonte: elaboração própria com base nas revisões citadas.

3.6 Fotogrametria: uma tecnologia diferente, não apenas um scanner melhor

A estereofotogrametria utiliza princípios diferentes dos scanners intraorais convencionais para registrar posições tridimensionais de implantes, reduzindo a dependência do stitching contínuo de superfícies ao longo do arco.

Revisões recentes indicam desempenho promissor em arcos completos. Uma meta-análise publicada em 2025 encontrou maior acurácia da fotogrametria em comparação com scanners intraorais em vários desfechos laboratoriais, embora a evidência clínica permaneça menos volumosa.

O benefício potencial é particularmente relevante quando pequenos erros angulares ou lineares distribuídos por um arco podem interferir na passividade da estrutura.

Isso não significa que a fotogrametria substitua todos os demais registros. Ela captura determinadas relações espaciais e precisa ser integrada a informações de tecido, oclusão e desenho protético.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

A incorporação de novas tecnologias deve considerar custo, treinamento, compatibilidade de arquivos e indicação. Um dispositivo mais preciso em uma tarefa específica não é necessariamente o fluxo mais eficiente para todos os tratamentos.

A fotogrametria exemplifica a maturidade necessária na odontologia digital: compreender que diferentes tecnologias resolvem problemas diferentes e que a qualidade está na escolha adequada, não na adoção indiscriminada.

3.7 Workflow digital completo: do arquivo à restauração

Um workflow completo começa na aquisição, mas não termina no arquivo STL. O resultado final depende do desenho, biblioteca, parâmetros do software, material, estratégia de fabricação e controle de qualidade.

Bernauer, Zitzmann e Joda (2023) identificaram 16 estudos clínicos elegíveis em sua atualização sobre fluxos digitais completos em prótese fixa. Apesar do crescimento da literatura, os autores destacaram que o número absoluto de ensaios continuava baixo, especialmente para restaurações múltiplas.

Os melhores dados sustentavam o uso de fluxos totalmente digitais em situações selecionadas, como coroas monolíticas posteriores sobre implantes. Essa especificidade deve ser preservada ao comunicar a evidência.

A integração com CAD/CAM reduz etapas físicas, mas cria novas dependências: biblioteca correta, calibração, estratégia de usinagem ou impressão, sinterização e acabamento. O erro muda de lugar; não desaparece.

A interoperabilidade também é questão importante. Formatos fechados, bibliotecas proprietárias e versões de software podem influenciar a continuidade do fluxo entre clínica e laboratório.

Por isso, um workflow digital maduro precisa de checkpoints. A verificação do preparo, dos contatos, da oclusão, da adaptação e do resultado estético continua sendo responsabilidade clínica.

3.8 Educação digital e leitura crítica da inovação

A velocidade de lançamento de novos scanners e softwares cria um problema epistemológico: o equipamento disponível hoje pode não ter sido avaliado nos estudos que fundamentaram uma revisão publicada dois anos antes.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

Vitai et al. (2023) compararam 26 scanners e ainda assim concluíram que o desempenho depende do cenário clínico. Esse dado mostra por que rankings universais envelhecem rapidamente e precisam ser interpretados com cautela.

A formação profissional deve incluir princípios de metrologia clínica, compreensão de trueness e precision, fontes de erro e leitura de intervalos de confiança. Sem essa base, a odontologia digital corre o risco de ser ensinada como sequência de botões.

Também é necessário reconhecer conflitos de interesse e diferenças entre estudo independente e material promocional. Demonstrações de produto podem ser úteis para aprendizagem operacional, mas não substituem comparação científica.

A educação continuada ganha valor exatamente nesse ponto: traduzir estudos complexos para decisões clínicas sem simplificá-los a ponto de distorcer suas conclusões.

A competência digital mais avançada não é utilizar todas as tecnologias disponíveis. É saber escolher, validar e, quando necessário, voltar a um método convencional ou híbrido porque a evidência e o caso indicam que ele é mais seguro.

Conclusão

A odontologia digital deve ser analisada como cadeia de decisões e transformações de dados. Reduzir o conceito ao uso de um scanner empobrece a compreensão científica do processo.A acurácia não é propriedade abstrata de uma marca; depende de extensão do arco, anatomia, estratégia de aquisição, operador, algoritmo e finalidade clínica.Os benefícios mais consistentes do digital aparecem em eficiência e experiência do paciente em indicações específicas. Esses ganhos são importantes, mas não autorizam inferir superioridade universal.Nos arcos extensos, a literatura permanece heterogênea. Revisões recentes mostram melhora dos resultados, mas também diferenças entre tecnologias e desenhos experimentais.A fotogrametria amplia as possibilidades em registros de múltiplos implantes e demonstra que inovação digital não ocorre por uma única rota tecnológica.Fluxos CAD/CAM reduzem etapas físicas e aumentam integração, ao mesmo tempo em que criam fontes de erro ligadas a software, biblioteca, fabricação e interoperabilidade.A validação clínica continua indispensável. O arquivo digital não possui autoridade própria; ele precisa ser confrontado com tecidos, função, adaptação e objetivo restaurador.Conclui-se que a verdadeira maturidade digital é crítica, não entusiástica. O profissional tecnologicamente avançado é aquele que conhece a força da ferramenta, reconhece suas limitações e escolhe o método a partir da indicação e da evidência.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 25/09/2026 | aceito: 01/10/2026 | publicação: 05/10/2026

Referências

BERNAUER, Selina A.; ZITZMANN, Nicola U.; JODA, Tim. The complete digital workflow in fixed prosthodontics updated: a systematic review. Healthcare, v. 11, n. 5, 679, 2023.

CAI, Zheng-Zhen et al. Does intra-oral scan improve the impression accuracy of full-arch implant-supported prostheses: a systematic review and meta-analysis. Clinical Implant Dentistry and Related Research, v. 26, n. 5, p. 847-861, 2024.

JOENSAHAKIJ, Nitchakul; SERICHETAPHONGSE, Pravej; CHENGPRAPAKORN, Wareeratn. The accuracy of conventional versus digital impression techniques in full-arch implant prosthodontics: a systematic review. Evidence-Based Dentistry, v. 25, n. 4, p. 216-217, 2024.

MA, Jie et al. Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies. International Journal of Implant Dentistry, v. 9, 48, 2023.

MATOS, Thalita de Paris et al. Patient-related outcomes of conventional impression making versus intraoral scanning for prosthetic rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 130, n. 1, p. 19-27, 2023.

MIZUMOTO, Ryan M.; YILMAZ, Burak. Intraoral scan bodies in implant dentistry: a systematic review. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 120, n. 3, p. 343-352, 2018.

VITAI, Viktória et al. Evaluation of the accuracy of intraoral scanners for complete-arch scanning: a systematic review and network meta-analysis. Journal of Dentistry, v. 137, 104636, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. Geneva: WHO, 2022.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.