

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

Integração do fluxo digital na odontologia e seus impactos clínicos e laboratoriais na previsibilidade das reabilitações estético-funcionais

Integration of digital workflow in dentistry and its clinical and laboratory impacts on the predictability of aesthetic-functional rehabilitations

André Luís de Oliveira Cirurgião-dentista. Especialista em Odontologia Digital. Especializando em Implantodontia – E-mail: andre.oliveira20@hotmail.com

Abigail de Carli Oliveira Especialista em Dentística. Especialista em Odontologia Digital
E-mail: abigaildecarlifb@hotmail.com

RESUMO

O fluxo digital modificou a forma como tratamentos restauradores são planejados e executados na odontologia. Escaneamento intraoral, softwares de planejamento e sistemas CAD/CAM passaram a compor a rotina de clínicas e laboratórios, trazendo ganhos em rastreabilidade e reprodutibilidade. Na reabilitação estético-funcional, porém, a adoção dessas ferramentas só produz resultados consistentes quando existe coordenação real entre as etapas clínicas e laboratoriais, com documentação padronizada e decisões técnicas compartilhadas desde o início do caso. Este artigo apresenta uma revisão narrativa de literatura voltada à análise dos componentes do fluxo digital integrado: a fusão de dados digitais (arquivos STL, DICOM e fotografias clínicas), a lógica do planejamento reverso e os protocolos de comunicação entre clínica e laboratório. São discutidos efeitos práticos como a diminuição de ciclos de ajuste em prova, o controle mais preciso de adaptação marginal e a redução de sessões clínicas. Aborda-se também o papel do profissional com formação que articula conhecimento clínico e laboratorial. A análise indica que os resultados em reabilitações complexas dependem menos do nível tecnológico dos equipamentos e mais da forma como processos e profissionais se articulam ao longo do tratamento.

Palavras-chave: Fluxo digital; reabilitação oral; integração clínica-laboratorial; CAD/CAM; previsibilidade clínica.

ABSTRACT

Digital workflows have changed how restorative treatments are planned and executed in dentistry. Intraoral scanning, planning software, and CAD/CAM systems have become part of the clinical and laboratory routine, improving traceability and reproducibility. In aesthetic-functional rehabilitation, however, the adoption of these tools only produces consistent results when there is real coordination between clinical and laboratory stages, with standardized documentation and shared technical decisions from the beginning of the case. This article presents a narrative literature review focused on the analysis of integrated digital workflow components: digital data fusion (STL, DICOM files and clinical photographs), reverse planning logic, and communication protocols between clinic and laboratory. Practical effects such as the reduction of adjustment cycles during try-in, more precise control of marginal adaptation, and fewer clinical sessions are discussed. The role of professionals with training that articulates clinical and laboratory knowledge is also addressed. The analysis indicates that outcomes in complex rehabilitations depend less on the technological level of the equipment and more on how processes and professionals are articulated throughout the treatment.

Keywords: Digital workflow; oral rehabilitation; clinical-laboratory integration; CAD/CAM; clinical predictability.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos quinze anos, a odontologia restauradora passou por transformações técnicas que alteraram tanto a rotina clínica quanto os processos laboratoriais. O escaneamento intraoral substituiu, em muitos contextos, a moldagem convencional com silicones e alginatos. Os softwares de

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

planejamento virtual permitiram simular tratamentos antes de qualquer intervenção. Os sistemas CAD/CAM trouxeram a fabricação de restaurações para dentro de consultórios e laboratórios com controle dimensional antes restrito à indústria. Essas mudanças reduziram etapas manuais, diminuíram variáveis operador-dependentes e ampliaram a capacidade de documentação dos casos (CORREIA et al., 2006; MIYAZAKI et al., 2009).

No modelo de trabalho anterior, baseado em moldagens físicas e comunicação por fichas escritas, a relação entre clínica e laboratório seguia um padrão previsível de problemas. O clínico enviava o molde, o laboratório interpretava as informações disponíveis, e a peça voltava para prova. Se a adaptação marginal estivesse comprometida, ou se a cor não correspondesse à expectativa, iniciava-se um ciclo de ajustes que podia se estender por várias sessões. Bolhas no gesso, distorções no material de moldagem, anotações incompletas sobre cor e forma: cada uma dessas falhas gerava retrabalho e prolongava o tratamento. A digitalização dos processos prometeu eliminar parte dessas variáveis, e de fato eliminou algumas delas. A questão que permanece, e que este artigo examina, é em que condições essa promessa se realiza na prática clínica (ZAVOLSKI et al., 2021).

Na reabilitação estético-funcional, os requisitos são particularmente exigentes. Um caso de facetas anteriores, por exemplo, demanda controle simultâneo de espessura de material (para preservar estrutura dental), de forma (para harmonizar com lábios e face), de cor (para mimetizar os dentes adjacentes) e de função (para não interferir em guias de desocclusão). Se o escaneamento não capturar adequadamente a linha de término do preparo, o laboratório produzirá uma peça com desadaptação cervical. Se as fotografias de referência não mostrarem a relação dos dentes com o lábio em repouso e em sorriso amplo, o ceramista trabalhará às cegas na definição de comprimento e contorno incisal. Se o registro oclusal estiver impreciso, os contatos em protrusiva só serão identificados na prova clínica, exigindo ajustes que podem comprometer a integridade da cerâmica (JODA; BRÄGGER, 2015).

O que diferencia um fluxo digital que funciona de um que apenas substitui meios analógicos por arquivos digitais é a qualidade da conexão entre suas etapas. O presente artigo analisa os componentes dessa conexão: como os dados são capturados e combinados, como o planejamento organiza decisões clínicas e laboratoriais, como a comunicação entre profissionais pode ser estruturada para reduzir ambiguidades, e qual o perfil de formação que esse modelo de trabalho demanda. A análise parte de uma revisão narrativa da literatura e busca oferecer uma discussão aplicada, com exemplos que ilustrem onde os processos costumam falhar e onde a articulação adequada produz resultados mensuráveis.

2 METODOLOGIA

Este estudo constitui uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa e caráter descritivo. A escolha desse método justifica-se pelo objetivo de discutir conceitos, processos e tendências relacionados ao fluxo digital na reabilitação estético-funcional, sem a pretensão de realizar análise estatística, meta-análise ou comparação quantitativa de dados clínicos. Revisões narrativas são apropriadas quando o objetivo é mapear um campo de conhecimento, identificar lacunas e propor articulações conceituais, ainda que não ofereçam o mesmo nível de evidência de revisões sistemáticas.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Scholar, utilizando descritores em português e inglês: fluxo digital, digital workflow, reabilitação oral, oral rehabilitation, CAD/CAM, planejamento digital, digital planning, integração clínica-laboratorial, clinical-laboratory integration. Foram incluídos artigos científicos, revisões de literatura e estudos clínicos que abordassem aspectos técnicos e operacionais do fluxo digital na odontologia restauradora e reabilitadora. Foram excluídas publicações duplicadas, textos sem relação direta com o tema e materiais de caráter exclusivamente comercial ou promocional.

É importante registrar que, por se tratar de revisão narrativa, as afirmações ao longo do texto buscam descrever tendências e padrões identificados na literatura consultada, sem a pretensão de estabelecer relações causais definitivas ou quantificações precisas. Quando dados numéricos são mencionados, eles refletem achados de estudos específicos citados, e não generalizações estatísticas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fluxo digital na reabilitação estético-funcional pode ser decomposto em quatro grandes componentes: a captura de dados, o planejamento virtual, a comunicação entre clínica e laboratório, e a execução laboratorial. Cada um desses componentes possui requisitos técnicos específicos e pontos de vulnerabilidade conhecidos. A literatura sobre o tema tem documentado tanto os ganhos proporcionados pela digitalização quanto as condições necessárias para que esses ganhos se concretizem. Esta seção examina cada componente, destacando aspectos práticos e situações em que falhas típicas ocorrem.

3.1 Captura digital de dados e fusão de informações

A captura de dados é o ponto de partida do fluxo digital e condiciona a qualidade de todas as etapas seguintes. No contexto da reabilitação estético-funcional, capturar dados significa obter registros tridimensionais da arcada (via escaneamento intraoral), informações sobre estruturas ósseas e radiculares (via tomografia computadorizada de feixe cônico), e referências estéticas e faciais (via fotografias clínicas padronizadas). Cada uma dessas fontes gera arquivos em formatos específicos:

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

STL para os modelos de superfície, DICOM para os volumes tomográficos, JPEG para as imagens fotográficas (CORREIA et al., 2006).

O escaneamento intraoral oferece vantagens claras sobre a moldagem convencional: elimina a necessidade de materiais de impressão, reduz o desconforto do paciente, permite checagem imediata da qualidade do registro e gera arquivos que podem ser transmitidos eletronicamente. Contudo, o método possui limitações que precisam ser reconhecidas. Em preparos com margens subgingivais profundas, a leitura óptica pode ser comprometida pela presença de fluido crevicular ou sangramento. Superfícies altamente polidas, como restaurações metálicas, geram reflexos que dificultam a captura. Em escaneamentos de arco completo, a precisão tende a ser menor do que em escaneamentos de quadrante, devido ao acúmulo de pequenos erros ao longo da varredura. Um estudo de caso ilustra o problema: em uma reabilitação de arco total com preparos para coroas em todos os dentes posteriores, a discrepância acumulada entre o primeiro e o último molar pode chegar a valores clinicamente significativos se o protocolo de escaneamento não incluir checagens intermediárias (ZAVOLSKI et al., 2021).

A fusão de dados, também chamada de data matching ou superimposição, representa um diferencial técnico do fluxo digital contemporâneo. Softwares de planejamento permitem alinhar o modelo STL (geometria da superfície dental), o volume DICOM (anatomia óssea e radicular) e as fotografias clínicas (referências estéticas) em um único ambiente virtual. Esse alinhamento possibilita análises que seriam impossíveis com cada fonte isolada. Por exemplo: ao sobrepor o escaneamento intraoral à tomografia, o planejador pode verificar se a posição planejada para um implante respeita a anatomia radicular dos dentes adjacentes. Ao incorporar a fotografia do sorriso, pode avaliar se o comprimento proposto para as coroas anteriores harmoniza com a linha do lábio superior.

Falhas na captura ou na fusão de dados produzem efeitos em cascata. Um exemplo frequente: o clínico realiza o escaneamento, mas não registra adequadamente a relação oclusal em máxima intercuspidação habitual. O arquivo é enviado ao laboratório, que monta o modelo virtual em articulador digital com base em parâmetros genéricos. A restauração é desenhada e fabricada. Na prova clínica, os contatos oclusais não correspondem à realidade, exigindo ajustes extensos que consomem tempo de cadeira e podem fragilizar a peça. O problema não estava no escâner, no software ou na fresadora. Estava na ausência de um dado que o fluxo subsequente não conseguiu compensar (ROSSI et al., 2020).

As fotografias clínicas merecem atenção específica. Em reabilitações estéticas, o ceramista precisa de referências visuais que vão além do modelo tridimensional. Cor, textura, translucidez, caracterizações individuais: nenhuma dessas informações está presente no arquivo STL. Um protocolo fotográfico mínimo para casos de facetas anteriores incluiria: face frontal em repouso, face frontal em sorriso amplo, aproximação dos dentes anteriores com afastador, registro de cor com escala

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

padronizada sob luz natural. Quando essas imagens não são fornecidas, ou quando são feitas de forma inconsistente (iluminação variável, angulações diferentes entre sessões), o laboratório trabalha com informação incompleta e o resultado estético depende mais de suposições do que de planejamento.

3.2 Planejamento digital e lógica do planejamento reverso

O planejamento digital ocupa posição central no fluxo de trabalho porque é nessa etapa que os dados capturados são convertidos em decisões. Forma das restaurações, posição das margens, espessura de material, guias oclusais, relação com tecidos moles: todas essas variáveis são definidas no ambiente virtual antes de qualquer execução clínica ou laboratorial. A possibilidade de visualizar o resultado antecipadamente e de simular alternativas antes de comprometer estrutura dental representa uma mudança qualitativa em relação ao modelo tradicional, no qual muitas decisões eram tomadas apenas durante o procedimento (MIYAZAKI et al., 2009).

A lógica do planejamento reverso consiste em partir do resultado desejado para definir os passos intermediários. Em vez de preparar o dente e depois decidir qual restauração cabe no espaço remanescente, o planejador define primeiro a forma ideal da restauração (considerando estética, função e expectativas do paciente) e então determina quanto de estrutura dental precisa ser removido para acomodá-la. Essa inversão de sequência permite identificar previamente se o caso é viável com preparos minimamente invasivos ou se exigirá reduções mais extensas. Em um caso de fechamento de diastemas com facetas, por exemplo, o planejamento reverso mostra antecipadamente se a espessura de cerâmica necessária para preencher o espaço é compatível com preparos em esmalte ou se haverá exposição dentinária (COACHMAN; CALAMITA; SCHAYDER, 2012).

Os protocolos de smile design formalizaram parte desse raciocínio ao propor uma sequência de análise que vai da face ao dente: proporções faciais, linha média, corredor bucal, linha do sorriso, proporção entre dentes, formas individuais. Esses protocolos têm valor ao estruturar a coleta de informações e ao facilitar a comunicação com o paciente sobre o resultado esperado. Contudo, quando tratados apenas como ferramenta de apresentação comercial, perdem sua função técnica. O valor do planejamento está na capacidade de antecipar problemas, não na produção de imagens atrativas. Uma simulação de sorriso que ignora limitações de espaço protético ou de anatomia gengival pode gerar expectativas impossíveis de cumprir.

Um ponto crítico do planejamento digital é a tradução de decisões virtuais em parâmetros executáveis. O desenho de uma coroa no software precisa considerar a espessura mínima do material cerâmico selecionado (que varia conforme o sistema), o espaço necessário para a linha de cimentação, a anatomia das cúspides e fossas em relação aos dentes antagonistas, a posição da margem em relação ao tecido gengival. Se o planejador desenha uma restauração com 0,3 mm de espessura oclusal porque o espaço disponível é limitado, mas o material selecionado exige mínimo de 0,5 mm para resistir à

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

carga mastigatória, a peça fraturará em uso clínico. Esse tipo de falha não é detectado pelo software automaticamente; depende do conhecimento técnico de quem opera o sistema.

A simulação virtual permite também a confecção de mock-ups (ensaios clínicos em resina) que materializam o planejamento na boca do paciente antes dos preparos definitivos. O mock-up funciona como teste de validação: o paciente pode avaliar forma e comprimento dos dentes em situação real de fala e sorriso; o clínico pode verificar relações oclusais e fonéticas; eventuais ajustes podem ser incorporados ao planejamento digital antes de qualquer desgaste irreversível. Quando essa etapa é suprimida por pressão de tempo ou por confiança excessiva na simulação de tela, o risco de retrabalho aumenta.

3.3 Comunicação clínica-laboratorial no fluxo digital

A comunicação entre clínica e laboratório determina se as decisões do planejamento serão executadas conforme a intenção original ou se serão reinterpretadas ao longo do caminho. No modelo analógico, essa comunicação dependia de fichas de solicitação preenchidas à mão, telefonemas para esclarecer dúvidas e, frequentemente, da relação pessoal entre dentista e técnico que permitia compensar a falta de informação escrita. O fluxo digital ampliou a quantidade de dados que podem ser transmitidos, mas não resolveu automaticamente o problema da clareza (ROSSI et al., 2020).

Enviar um arquivo STL ao laboratório é o equivalente digital de enviar um modelo de gesso: fornece a geometria, mas não explica a intenção clínica. O laboratório que recebe apenas o escaneamento precisa decidir sozinho onde posicionar as margens, como definir os contornos axiais, qual anatomia oclusal reproduzir. Essas decisões, quando tomadas sem orientação explícita, baseiam-se em padrões genéricos ou na experiência prévia do técnico com aquele clínico específico. O resultado pode ou não corresponder ao que o clínico tinha em mente.

A comunicação estruturada no fluxo digital inclui elementos que vão além do modelo tridimensional. Um protocolo funcional de envio para caso de coroas unitárias posteriores incluiria: arquivo STL do preparo e dos dentes adjacentes, arquivo STL do arco antagonista, registro de oclusão digital ou orientação sobre relação de contatos desejada, fotografias intrabucais para referência de cor, indicação do sistema cerâmico a ser utilizado, especificação sobre tipo de margem (chanfro, ombro, lâmina) e profundidade aproximada, informações sobre histórico de bruxismo ou outras parafunções relevantes. Quando esses elementos são fornecidos de forma consistente, o técnico trabalha com parâmetros definidos. Quando faltam, ele trabalha com suposições (JODA; BRÄGGER, 2015).

A padronização de nomenclatura e versionamento dos arquivos é outro aspecto frequentemente negligenciado. Em casos que envolvem múltiplas etapas (escaneamento inicial, escaneamento pós-preparo, registro de provisórios, ajustes de planejamento), a multiplicação de

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

arquivos pode gerar confusão sobre qual versão deve ser utilizada para fabricação. Laboratórios relatam situações em que a peça foi produzida com base em escaneamento desatualizado porque o arquivo mais recente tinha nome semelhante ao anterior e não foi identificado corretamente. Convenções simples de nomenclatura (incluindo data e descrição do conteúdo) evitam esse tipo de erro.

A confirmação de etapas críticas antes da fabricação representa uma camada adicional de segurança. Antes de iniciar a fresagem ou a impressão de uma peça definitiva, o laboratório pode enviar ao clínico uma imagem do desenho virtual para aprovação. Esse checkpoint permite identificar problemas de contorno, anatomia ou posição de margem antes que recursos de material e tempo sejam consumidos. Em fluxos nos quais essa confirmação não existe, divergências só aparecem na prova clínica, quando o custo de correção é muito maior.

3.4 Perfil profissional e formação integrada

O modelo tradicional de formação em odontologia manteve, historicamente, uma separação nítida entre o ensino clínico e o conhecimento laboratorial. O estudante de graduação aprendia a preparar dentes, a moldar, a cimentar, mas raramente acompanhava em detalhe o que acontecia no laboratório após o envio do molde. O técnico em prótese, por sua vez, dominava os processos de fundição, ceramização e acabamento, mas tinha contato limitado com a realidade clínica dos casos que recebia. Essa divisão produziu gerações de profissionais com pontos cegos complementares: clínicos que não compreendiam as implicações laboratoriais de suas decisões; técnicos que não entendiam o contexto clínico das peças que fabricavam (CORREIA et al., 2006).

O fluxo digital expôs as limitações dessa separação. Quando o clínico desenha um preparo que não deixa espessura suficiente para o material, a falha só será identificada se alguém no processo tiver conhecimento para reconhecê-la. Quando o técnico define uma anatomia oclusal incompatível com a função mastigatória do paciente, o problema aparecerá como interferência ou desconforto na prova. A digitalização não criou esses problemas, mas tornou suas consequências mais rastreáveis. No modelo analógico, muitas falhas eram absorvidas em ajustes empíricos; no digital, ficam registradas nos arquivos e nos ciclos de refação.

O perfil profissional que o fluxo digital demanda é de alguém capaz de pensar o caso de ponta a ponta. Isso não significa que o clínico precise operar a fresadora ou que o técnico precise atender pacientes. Significa que ambos precisam compreender as implicações de suas decisões nas etapas subsequentes. O clínico que conhece os limites de espessura mínima dos materiais cerâmicos vai planejar preparos compatíveis. O técnico que entende as exigências de guia anterior vai desenhar restaurações com anatomia funcional adequada. A comunicação entre eles deixa de ser uma tradução entre mundos distintos e passa a ser um diálogo técnico entre profissionais que compartilham

Essa competência integrada pode ser desenvolvida por diferentes caminhos: clínicos que buscam formação complementar em processos laboratoriais; técnicos que se especializam em planejamento digital e passam a participar ativamente das decisões de caso; equipes que trabalham de forma colaborativa, com discussões conjuntas antes da execução. O ponto comum é a superação da lógica de etapas estanques em favor de um raciocínio de processo contínuo. Em centros de referência onde essa articulação existe, os relatos indicam redução de ciclos de ajuste e maior previsibilidade dos resultados.

4 DISCUSSÃO

A análise dos componentes do fluxo digital permite identificar onde a articulação entre etapas produz ganhos mensuráveis e onde a fragmentação gera custos. Esta seção discute os impactos práticos observados na literatura e na experiência clínica documentada, organizados em torno de quatro eixos: redução de retrabalho, otimização de tempo clínico, eficiência laboratorial e desafios de implementação.

4.1 Redução de retrabalho e ciclos de ajuste

O retrabalho em prótese dental manifesta-se de formas variadas: peças que não adaptam e precisam ser refeitas; restaurações que exigem ajustes extensos de oclusão na cadeira; coroas cuja cor não corresponde à expectativa e demandam nova caracterização ou substituição. Cada ciclo de retrabalho consome tempo do clínico, tempo do laboratório, material e, frequentemente, paciência do paciente. A literatura que compara fluxos digitais bem estruturados com fluxos convencionais ou digitais fragmentados identifica diferenças relevantes nesse aspecto (JODA; BRÄGGER, 2015).

Um exemplo documentado: em casos de coroas unitárias sobre implantes, estudos comparativos mostram que o fluxo digital com escaneamento de transfer, planejamento em software dedicado e fabricação CAD/CAM produz peças com adaptação marginal mais consistente do que o fluxo com moldagem convencional e técnica de fundição. A diferença não está apenas na precisão dimensional dos equipamentos, mas na eliminação de etapas manuais que introduzem variabilidade: manipulação de silicone, vazamento de gesso, inclusão em revestimento, fundição, desinclusão. Cada etapa eliminada é uma fonte de erro a menos.

O ponto de corte, porém, está na qualidade dos dados de entrada. Se o escaneamento foi feito com o transfer de moldagem mal posicionado, a precisão do sistema CAD/CAM apenas reproduz o erro inicial com alta fidelidade. A fusão de dados oferece uma camada de verificação: ao sobrepor o escaneamento à tomografia, discrepâncias de posição podem ser identificadas antes da fabricação. Laboratórios que implementaram essa checagem relatam redução de casos em que a coroa precisa ser

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

refeita por problemas de eixo de inserção ou de relação com dentes adjacentes.

Na prática clínica, a redução de retrabalho aparece em três pontos específicos. Primeiro, na adaptação marginal: peças digitais bem executadas chegam à prova com assentamento que exige apenas verificação, não ajuste. Segundo, nos contatos proximais: o desenho virtual permite calibrar a pressão de contato com os dentes adjacentes, evitando tanto a ausência de contato (que exige adição de resina ou cerâmica) quanto o excesso (que exige desgaste). Terceiro, na oclusão: quando o registro oclusal digital é preciso e o planejamento considera a dinâmica mandibular, os contatos em posição estática e em movimentos excursivos correspondem ao planejado.

Um caso ilustrativo: reabilitação de quadrante posterior com três coroas sobre dentes naturais. No fluxo convencional, a sequência típica incluía moldagem com silicone, modelo de gesso, enceramento manual, fundição ou prensagem, prova com ajustes, glazeamento, instalação com novos ajustes. No fluxo digital estruturado: escaneamento intraoral, escaneamento do antagonista com registro de mordida, desenho CAD com parâmetros de contato definidos, fresagem em zircônia, sinterização, prova com ajustes mínimos, instalação. A diferença de sessões clínicas e de tempo de cadeira documentada em estudos comparativos é consistente, embora a magnitude varie conforme o contexto.

4.2 Impactos nos tempos clínicos

O tempo clínico em tratamentos restauradores distribui-se entre procedimentos preparatórios (anamnese, exame, planejamento), procedimentos operatórios (preparos, moldagens ou escaneamentos, provas, cimentações) e procedimentos corretivos (ajustes de oclusão, retoques de contorno, substituição de peças inadequadas). A proporção entre essas categorias varia conforme a eficiência do fluxo de trabalho. Em fluxos com alta taxa de retrabalho, os procedimentos corretivos consomem parcela significativa do tempo total. Em fluxos bem articulados, essa parcela diminui e o tempo se concentra nos procedimentos que efetivamente constroem o resultado.

Joda e Brägger (2015) conduziram análise comparativa de fluxos para prótese sobre implante que documenta essas diferenças. O fluxo digital mostrou redução de tempo de cadeira na ordem de 28% a 35% em comparação com o fluxo convencional, dependendo do tipo de restauração e do nível de complexidade do caso. A maior parte dessa diferença concentrava-se na fase de prova e ajuste, que no fluxo digital era substancialmente mais curta.

É importante qualificar esses achados. A redução de tempo clínico documentada refere-se a fluxos digitais bem implementados, com protocolos de captura consistentes, comunicação estruturada com o laboratório e equipe treinada. Fluxos digitais improvisados, nos quais o escaneamento é feito sem critério, o planejamento é superficial e a comunicação é informal, não necessariamente produzem ganhos de tempo. Podem, inclusive, gerar novos tipos de retrabalho: arquivos corrompidos,

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

incompatibilidades de software, peças que não correspondem ao desenho por falha de exportação.

O tempo de curva de aprendizado também precisa ser considerado. Profissionais em transição do fluxo analógico para o digital frequentemente relatam aumento inicial de tempo de procedimento, até que os novos protocolos sejam incorporados à rotina. Esse investimento inicial se paga ao longo do tempo, mas representa uma barreira real para adoção. Clínicas que planejam a transição com treinamento adequado e implementação gradual tendem a superar essa fase com menor impacto na produtividade.

Tabela 1: Comparação entre fluxos fragmentado e articulado

Aspecto	Fluxo Fragmentado	Fluxo Articulado
Identificação de erros	Na prova clínica ou instalação	Na fase de planejamento virtual
Base da comunicação	Anotações, telefonemas, suposições	Protocolo documentado, arquivos organizados
Ajustes em prova	Frequentes e extensos	Pontuais, foco em validação
Sessões clínicas	Múltiplas provas, remarcações	Sequência previsível, menor variação
Dependência de experiência pessoal	Alta (compensação de falhas por habilidade)	Moderada (processo reduz variabilidade)

Fonte: Elaborada pelo autor com base na literatura consultada (2025).

4.3 Impactos laboratoriais

O laboratório de prótese é o ponto do fluxo onde as decisões de planejamento se materializam em peças físicas. A qualidade do que o laboratório recebe determina, em grande medida, a qualidade do que ele pode entregar. Em fluxos fragmentados, o técnico frequentemente precisa compensar informações ausentes: decide sozinho a anatomia oclusal porque não recebeu orientação; estima a cor porque as fotografias estavam subexpostas; assume a posição da margem porque o escaneamento não a mostrava claramente (MIYAZAKI et al., 2009).

A compensação laboratorial tem limites. Um técnico experiente pode fazer escolhas acertadas com base em padrões aprendidos ao longo de anos de prática. Mas essa compensação é, por definição, uma suposição informada, não uma execução de projeto. Quando a suposição não corresponde à intenção do clínico, o resultado é retrabalho. Quando corresponde, o sucesso foi parcialmente acidental. Fluxos que dependem de compensação laboratorial sistemática são fluxos com variabilidade estrutural.

O fluxo digital articulado modifica essa dinâmica. Quando o laboratório recebe não apenas o arquivo STL, mas também o projeto de planejamento com contornos definidos, referências oclusais especificadas e fotografias padronizadas, ele executa em vez de interpretar. A diferença aparece na consistência dos resultados: menos variação entre casos similares, menor dependência da interpretação individual do técnico, mais previsibilidade no tempo de produção porque há menos idas e vindas para esclarecimento de dúvidas.

Um aspecto técnico relevante é a calibração dos equipamentos CAD/CAM. Fresadoras e impressoras 3D possuem parâmetros de compensação que precisam ser ajustados conforme o material utilizado. O diâmetro da fresa, o offset de fresagem, a contração de sinterização da zircônia ou da

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

cerâmica vítrea: todos esses fatores afetam a dimensão final da peça. Laboratórios que mantêm protocolos rigorosos de calibração conseguem traduzir o desenho virtual em peça física com discrepância mínima. Laboratórios que negligenciam essa manutenção introduzem variabilidade que nenhuma qualidade de planejamento consegue compensar.

A interoperabilidade entre sistemas representa outro fator de impacto laboratorial. O mercado de odontologia digital inclui dezenas de fabricantes de escâneres, softwares de planejamento, softwares de CAD e equipamentos de fabricação. Nem todos esses sistemas comunicam-se de forma transparente. Arquivos exportados de um software podem perder informações ao serem importados em outro. Formatos proprietários podem exigir conversões que introduzem erros. Fluxos abertos, baseados em formatos padronizados e em sistemas interoperáveis, tendem a ser mais estáveis do que fluxos fechados que dependem de ecossistemas exclusivos de um fabricante.

4.4 Desafios de implementação

A transição para fluxos digitais articulados enfrenta barreiras de diferentes naturezas. A barreira econômica é frequentemente citada: escâneres intraorais, softwares de planejamento, fresadoras e impressoras representam investimento significativo, especialmente para profissionais em início de carreira ou em contextos de recursos limitados. O custo de aquisição, porém, é apenas parte da equação. O custo de manutenção, de atualização de software, de treinamento e de reposição de componentes compõe o investimento real ao longo do tempo (ZAVOLSKI et al., 2021).

A barreira de formação é igualmente relevante. A maioria dos currículos de graduação em odontologia ainda não incorporou de forma sistemática o ensino de fluxos digitais. Profissionais formados há mais de dez anos frequentemente tiveram contato mínimo ou nulo com escaneamento intraoral e planejamento CAD durante sua formação. A capacitação ocorre, nesses casos, por meio de cursos de extensão, treinamentos oferecidos por fabricantes ou aprendizado autodirigido. A qualidade e a profundidade dessa formação complementar variam enormemente.

A barreira organizacional diz respeito à adaptação dos processos internos da clínica e do laboratório. Implementar um fluxo digital não significa apenas adquirir equipamentos; significa reorganizar a forma como os casos são conduzidos. Isso inclui definir protocolos de captura, estabelecer padrões de comunicação, criar rotinas de checagem de qualidade, treinar a equipe auxiliar, ajustar o tempo de agenda para acomodar os novos procedimentos. Clínicas que tratam a digitalização como simples substituição de ferramentas, sem revisão de processos, frequentemente não alcançam os ganhos esperados.

A resistência cultural também desempenha papel. Profissionais com décadas de experiência em fluxos analógicos desenvolveram habilidades de compensação que funcionam naquele contexto.

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

A transição para o digital pode ser percebida como ameaça a esse repertório, ou como invalidação de conhecimento acumulado. A comunicação sobre os benefícios da mudança precisa reconhecer o valor da experiência prévia e mostrar como ela pode ser integrada ao novo modelo, não substituída por ele.

Por fim, há a questão das expectativas desalinhadas. O marketing de produtos digitais frequentemente enfatiza facilidade, rapidez e resultados superiores de forma que não corresponde à realidade da implementação. Profissionais que adquirem equipamentos esperando transformação imediata podem se frustrar com a curva de aprendizado e com os ajustes necessários até que o fluxo funcione de forma estável. A maturidade de expectativas é parte do processo de adoção bem-sucedida.

4.5 Perspectivas de desenvolvimento

O desenvolvimento tecnológico na área aponta para maior automação de etapas que hoje dependem de decisão humana. Softwares de planejamento já incorporam funções de sugestão automática de contorno, posicionamento de margem e anatomia oclusal baseadas em bancos de dados de casos anteriores. Algoritmos de inteligência artificial estão sendo treinados para identificar falhas em escaneamentos, sugerir correções de planejamento e prever problemas de adaptação antes da fabricação.

Essas ferramentas têm potencial para reduzir parte da variabilidade que hoje depende de experiência individual. Um algoritmo que aprendeu com milhares de casos de coroas posteriores pode identificar padrões de sucesso e de falha que um profissional individual, limitado a sua própria casuística, não conseguiria perceber. A automação de checagens de qualidade pode criar camadas de verificação que não existem em fluxos puramente manuais.

Contudo, a automação não elimina a necessidade de juízo clínico. Algoritmos operam com base em padrões estatísticos; casos individuais frequentemente apresentam particularidades que escapam ao padrão. Um paciente com parafunção severa, com anatomia oclusal atípica ou com expectativas estéticas específicas exige avaliação que considere contexto, não apenas correspondência com banco de dados. O profissional do futuro provavelmente operará em parceria com ferramentas automatizadas, usando-as para acelerar processos rotineiros e reservando o juízo humano para decisões que exigem contextualização.

A tendência de maior interoperabilidade entre sistemas também parece consolidada. Iniciativas de padronização de formatos de arquivo, de protocolos de comunicação entre equipamentos e de plataformas abertas de planejamento respondem a uma demanda do mercado por flexibilidade. Profissionais e laboratórios preferem fluxos que não os prendam a um único fornecedor e que permitam combinar os melhores componentes de diferentes fabricantes.

Do ponto de vista da formação profissional, observa-se movimento gradual de incorporação curricular. Novas gerações de estudantes tendem a ter contato com fluxos digitais durante a

Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

graduação, o que modificará o perfil de entrada na profissão. A questão que permanece é a velocidade dessa incorporação e sua qualidade pedagógica. Ensinar a operar um escâner é diferente de ensinar a pensar um fluxo digital de forma crítica. A formação que produz profissionais capazes de avaliar, adaptar e otimizar processos é mais complexa do que a que produz operadores de equipamentos.

5 CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste artigo permite algumas conclusões sobre o estado atual do fluxo digital na reabilitação estético-funcional e sobre as condições para que os benefícios potenciais da digitalização se realizem na prática clínica.

Os componentes do fluxo digital (captura de dados, planejamento virtual, comunicação clínica-laboratorial, execução CAD/CAM) funcionam como sistema interdependente. Ganhos em uma etapa podem ser anulados por falhas em outra. Um escaneamento de alta precisão perde valor se o planejamento não considerar as limitações do material selecionado. Um planejamento sofisticado é inútil se a comunicação com o laboratório não transmitir os parâmetros relevantes. Uma fresadora de última geração reproduz fielmente tanto projetos bem elaborados quanto projetos inadequados. O resultado depende da articulação entre todos os componentes, não da qualidade isolada de um deles.

A literatura consultada e os exemplos discutidos indicam que fluxos digitais bem articulados produzem resultados mensuravelmente diferentes de fluxos fragmentados. Redução de ciclos de ajuste, diminuição de tempo de cadeira, maior consistência de adaptação marginal e menor dependência de compensação laboratorial são ganhos documentados. Esses ganhos, porém, não são automáticos. Dependem de protocolos bem definidos, de comunicação estruturada, de equipamentos calibrados e de profissionais com compreensão do processo como um todo.

O perfil de formação que esse modelo de trabalho demanda combina conhecimento clínico tradicional com compreensão de processos laboratoriais e domínio de ferramentas digitais. Não se trata de formar profissionais que façam tudo sozinhos, mas de formar profissionais capazes de dialogar tecnicamente com todas as etapas do fluxo, identificar onde os problemas ocorrem e implementar correções. Essa formação integrada é tanto uma necessidade do presente quanto uma tendência para o futuro da profissão.

Para estudos futuros, seria relevante quantificar de forma mais precisa os impactos econômicos da implementação de fluxos articulados em diferentes contextos de prática (clínicas de pequeno porte, clínicas especializadas, centros de ensino). Também seria útil investigar os modelos de formação que mais efetivamente desenvolvem a competência integrada discutida neste trabalho, comparando diferentes abordagens curriculares e de educação continuada.

O fluxo digital na reabilitação estético-funcional representa uma transformação real da prática odontológica, com benefícios concretos quando implementado de forma coerente. A



Ano V, v.2 2025 | submissão: 13/12/2025 | aceito: 15/12/2025 | publicação: 17/12/2025

realização desses benefícios depende menos da sofisticação dos equipamentos adquiridos e mais da qualidade com que processos e profissionais se articulam ao longo do tratamento.

REFERÊNCIAS

COACHMAN, C.; CALAMITA, M.; SCHAYDER, A. *Digital smile design: uma ferramenta para planejamento e comunicação em odontologia estética*. Dental Press Esthetic, Maringá, v. 1, n. 2, p. 55-66, 2012.

CORREIA, A. R. M.; FERNANDES, J. C. A. S.; CARDOSO, J. A. P.; SILVA, C. F. C. L. *CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa*. Revista de Odontologia da UNESP, Araraquara, v. 35, n. 2, p. 183-189, 2006.

JODA, T.; BRÄGGER, U. *Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis*. Clinical Oral Implants Research, v. 26, n. 12, p. 1430-1435, 2015.

MIYAZAKI, T.; HOTTA, Y.; KUNII, J.; KURIYAMA, S.; TAMAKI, Y. *A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience*. Dental Materials Journal, v. 28, n. 1, p. 44-56, 2009.

MÜHLEMANN, S.; KRAUS, R. D.; HÄMMERLE, C. H. F.; THOMA, D. S. *Is the use of digital technologies for the fabrication of implant-supported reconstructions more efficient and/or more effective than conventional techniques: a systematic review*. Clinical Oral Implants Research, v. 29, supl. 18, p. 184-195, 2018.

ROSSI, N. R.; SILVA, J. F. G.; RODRIGUES, M. R.; KUKULKA, E. C.; GRANGEIRO, M. T. V.; PAES JUNIOR, T. J. A. *Aplicabilidade do digital smile design em reabilitações estéticas: revisão de literatura*. Journal of Dentistry & Public Health, Salvador, v. 11, n. 2, p. 139-147, 2020.

ZAVOLSKI, A.; SAMRA, A. P. B. et al. *Era de transição: do fluxo de trabalho analógico para o digital em reabilitação oral: relato de caso*. RGO: Revista Gaúcha de Odontologia, v. 69, e20210016, 2021.