

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

A integração de fluxos digitais CAD/CAM na reabilitação oral: uma análise da evolução técnica, precisão protética e o novo perfil profissional

The integration of CAD/CAM digital workflows in oral rehabilitation: an analysis of technical evolution, prosthetic precision, and the new professional profile

Maycon Ferreira - Técnico em Prótese Dentária pelo Centro de Educação Profissional C&S (Londrina, PR), com formação curricular em Anatomia e Escultura Dental, Prótese Fixa e Oclusão, Prótese Total e Removível, Ortodontia e Implantodontia. Especialista em fluxos de trabalho digitais, tecnologia CAD/CAM e manufatura aditiva (Impressão 3D).

Resumo

O presente artigo científico analisa a transição paradigmática na odontologia restauradora, migrando de processos analógicos manuais para fluxos de trabalho digitais baseados em *Computer-Aided Design* e *Computer-Aided Manufacturing* (CAD/CAM). Fundamentado na base curricular técnica de prótese dentária e na aplicação prática de novas tecnologias, o estudo investiga como o conhecimento profundo de anatomia, fisiologia e oclusão continua sendo o alicerce indispensável para a operação de softwares de desenho e equipamentos de fresagem ou impressão 3D. A pesquisa discute a eficiência operacional, a redução de erros micrométricos na adaptação marginal de próteses fixas e sobre implantes, e a necessidade crítica de atualização da força de trabalho técnica. Conclui-se que a tecnologia não substitui o conhecimento técnico fundamental, mas exige um profissional híbrido capaz de aliar a destreza manual à competência digital para garantir reabilitações orais funcionais e estéticas de alta longevidade.

Palavras-chave: Prótese Dentária. CAD/CAM. Reabilitação Oral. Oclusão. Fluxo Digital. Manufatura Aditiva.

Abstract

This scientific article analyzes the paradigmatic transition in restorative dentistry, migrating from manual analog processes to digital workflows based on Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM). Grounded in the technical curricular basis of dental prosthetics and the practical application of new technologies, the study investigates how deep knowledge of anatomy, physiology, and occlusion remains the indispensable foundation for operating design software and milling or 3D printing equipment. The research discusses operational efficiency, the reduction of micrometric errors in the marginal adaptation of fixed and implant-supported prostheses, and the critical need for workforce upskilling. It is concluded that technology does not replace fundamental technical knowledge but requires a hybrid professional capable of combining manual dexterity with digital competence to ensure high-longevity functional and aesthetic oral rehabilitations.

Keywords: Dental Prosthetics. CAD/CAM. Oral Rehabilitation. Occlusion. Digital Workflow. Additive Manufacturing.

1. Introdução

A reabilitação oral, historicamente fundamentada em processos artesanais de escultura em cera e fundição de metais, atravessa uma revolução tecnológica sem precedentes com a consolidação dos sistemas digitais. A base da formação técnica em prótese dentária, que abrange desde a anatomia e fisiologia da cabeça até a complexidade da oclusão e dos materiais dentários, permanece como o substrato intelectual necessário para a execução de qualquer trabalho protético. No entanto, a introdução de scanners intraorais e de bancada, associados a softwares de desenho (CAD) e unidades de usinagem ou impressão (CAM), alterou drasticamente a metodologia de confecção, exigindo uma

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

reavaliação dos protocolos clínicos e laboratoriais para assegurar a precisão e a viabilidade biológica das restaurações.

A transição do fluxo analógico para o digital não elimina a necessidade do conhecimento profundo sobre as estruturas gnálicas e a dinâmica mandibular. Pelo contrário, a virtualização dos modelos de gesso exige que o técnico em prótese dentária possua uma capacidade de abstração espacial e um domínio teórico de morfologia dental ainda mais aguçados. Onde antes havia o tato e a espátula para esculpir vertentes e cristas marginais, hoje existem o mouse e as bibliotecas virtuais de dentes. A literatura científica aponta que a eficácia do CAD/CAM na redução de desajustes marginais e na otimização do tempo de cadeira depende intrinsecamente da habilidade do operador em interpretar as limitações biológicas e mecânicas do sistema estomatognático dentro do ambiente virtual.

Nesse contexto, o presente estudo busca analisar a interseção entre o currículo clássico de formação em prótese dentária — englobando prótese fixa, removível, total e sobre implantes — e as novas demandas da manufatura aditiva e subtrativa. A problemática central reside na escassez de mão de obra qualificada capaz de operar essas tecnologias com discernimento clínico, um gargalo que impacta a produtividade laboratorial e a qualidade final entregue ao paciente. Através de uma revisão técnica e análise de processos, demonstra-se que a excelência na reabilitação oral contemporânea é fruto da simbiose entre o rigor acadêmico da morfologia dental e a precisão da engenharia digital.

2. Fundamentos de anatomia e escultura dental no ambiente virtual

A anatomia dental e a fisiologia do sistema estomatognático constituem a pedra angular de qualquer reabilitação oral bem-sucedida. No ensino tradicional, a escultura dental regressiva ou progressiva em cera permite ao estudante compreender as proporções, a inclinação das vertentes cuspidianas e a localização correta dos pontos de contato. Ao transpor esse conhecimento para o ambiente CAD (Computer-Aided Design), o técnico não está isento dessas regras biológicas. Softwares avançados oferecem bibliotecas de dentes pré-formatados, mas a individualização necessária para harmonizar a prótese com a dentição remanescente e com a função mastigatória do paciente depende do conhecimento prévio adquirido nas disciplinas de anatomia e escultura.

A morfologia oclusal, estudada exaustivamente nas formações técnicas, determina a estabilidade da prótese e a saúde da articulação temporomandibular (ATM). No ambiente virtual, a "escultura" é realizada através da manipulação de malhas poligonais (meshes). Se o operador desconhece a importância de uma crista marginal para a proteção da papila interdental ou a função de uma cúspide de contenção cêntrica, a ferramenta digital apenas acelerará a produção de uma peça iatrogênica. Estudos indicam que a falha em replicar a anatomia correta pode levar a interferências oclusais, fraturas de cerâmica e problemas periodontais, independentemente da precisão da máquina

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025
que fabricou a peça.

A fisiologia da cabeça e pescoço, módulo fundamental na formação técnica, fornece o contexto para a reabilitação. O entendimento das inserções musculares e dos limites da zona neutra é crucial, especialmente na confecção de próteses totais digitais. O CAD permite a análise de espaços protéticos e a simulação de movimentos mandibulares, mas a interpretação desses dados requer um conhecimento sólido sobre como os músculos da mastigação e da expressão facial interagem com as bases protéticas. A tecnologia oferece ferramentas de articulador virtual que simulam os movimentos de protrusão e lateralidade, mas a programação correta desses parâmetros depende do entendimento teórico da dinâmica mandibular.

A estética dental, que envolve conceitos de proporção áurea, dominância central e texturização de superfície, também sofre uma metamorfose no digital. Enquanto a escultura manual permite uma criação orgânica de texturas, o desenho digital exige o domínio de ferramentas de software que simulam periquemárias e lóbulos de desenvolvimento. A capacidade de visualizar o resultado final antes da produção (mock-up digital) é uma vantagem significativa, permitindo uma comunicação mais assertiva com o cirurgião-dentista e o paciente. No entanto, essa visualização só é eficaz se o técnico compreender os princípios de reflexão e refração da luz que regem a estética natural.

A seleção de materiais no software CAD está intrinsecamente ligada ao conhecimento de materiais dentários estudado no currículo técnico. O software pode sugerir espessuras mínimas para zircônia, dissilicato de lítio ou resinas, mas o técnico deve julgar se a anatomia desenhada suportará as cargas mastigatórias com o material escolhido. A anatomia deve ser desenhada não apenas pela forma, mas pela função estrutural, garantindo que conectores em próteses fixas tenham a área de secção transversal adequada para resistir às forças de flexão, um conceito de engenharia aplicado à biologia oral.

O escaneamento intraoral, que substitui a moldagem tradicional, captura a anatomia com precisão de micrões. No entanto, a qualidade desse "modelo virtual" depende da capacidade do operador em reconhecer os marcos anatômicos e garantir que o preparo dental e os tecidos gengivais estejam visíveis e nítidos. O conhecimento de anatomia é vital para identificar distorções na malha digital ou falhas na captura que poderiam comprometer a adaptação da peça final. A validação do arquivo digital é o primeiro passo do controle de qualidade, exigindo um olhar treinado na morfologia natural.

Por fim, a transição da cera para o pixel não diminui a arte da prótese dentária. A escultura digital exige uma coordenação motora fina diferente, mas o "olho clínico" para proporção, forma e função permanece o mesmo. A formação técnica sólida em anatomia e escultura dental é, portanto, o pré-requisito indispensável para a utilização eficaz das ferramentas de design digital, garantindo que

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025
a tecnologia sirva à biologia e não o contrário.

3. Prótese parcial fixa e oclusão: da fundição à fresagem

A disciplina de Prótese Parcial Fixa e Oclusão representa um dos pilares mais complexos da formação técnica, envolvendo o restabelecimento da integridade do arco dental através de coroas, pontes e facetas. No método convencional, o processo envolve a inclusão em revestimento e a fundição de metais por cera perdida, um processo sujeito a distorções de expansão e contração térmica. Com o advento do sistema CAM (Computer-Aided Manufacturing), a fresagem de blocos pré-fabricados de cerâmica ou metal elimina muitas dessas variáveis, proporcionando uma adaptação marginal superior e uma homogeneidade estrutural do material que é difícil de alcançar manualmente.

A precisão marginal é um fator crítico para a longevidade da prótese fixa e para a saúde periodontal. Estudos comparativos demonstram que coroas fresadas em sistemas CAD/CAM apresentam fendas marginais consistentemente menores do que aquelas produzidas por fundição tradicional, frequentemente abaixo de 50 micrômetros, o que é clinicamente aceitável e desejável. O software CAD permite ao técnico definir o espaço para o cimento com precisão numérica, garantindo um assentamento passivo da peça sem a necessidade de ajustes extensos na boca, o que otimiza o tempo clínico e reduz o estresse sobre o dente pilar.

A oclusão, estudada teoricamente e praticamente através de montagem em articuladores semiajustáveis, é transposta para o ambiente virtual com articuladores digitais. Estes softwares utilizam algoritmos para simular os movimentos de Bennett, guias caninas e função em grupo, baseados nos escaneamentos das arcadas do paciente. A capacidade de visualizar pontos de contato oclusal com mapas de calor coloridos permite um ajuste fino da oclusão dinâmica que seria extremamente trabalhoso no método analógico. Contudo, a validação desses contatos requer que o técnico compreenda os princípios da oclusão mutuamente protegida e da relação cêntrica.

Os materiais de prótese fixa evoluíram significativamente com a tecnologia CAD/CAM. O uso de zircônia monolítica ou estratificada, dissilicato de lítio e cerâmicas híbridas exige protocolos de processamento específicos. O conhecimento sobre as propriedades físico-químicas desses materiais, adquirido na formação técnica, é essencial para definir parâmetros de fresagem, como a velocidade de avanço da broca e estratégias de corte, para evitar microfraturas na estrutura cerâmica durante a usinagem. A sinterização correta da zircônia, por exemplo, é crucial para atingir a resistência flexural e a translucidez desejadas.

A confecção de pontes extensas exige um planejamento rigoroso da estrutura. No CAD, o design dos conectores e dos pônticos deve respeitar os princípios biomecânicos para evitar falhas catastróficas sob carga. O conhecimento sobre a Lei de Ante e a distribuição de forças no arco dental guia o técnico na decisão de unir ou não determinados elementos e na definição da área dos

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

conectores. A tecnologia permite análises de elementos finitos (FEA) em softwares avançados para prever áreas de estresse, mas o julgamento clínico do técnico continua sendo soberano.

A estética em prótese fixa também se beneficia do fluxo digital através da técnica de maquiagem e glazeamento ou da estratificação cerâmica sobre infraestruturas fresadas (cut-back). A habilidade manual de estratificação, ensinada nos cursos técnicos, é aplicada sobre uma base tecnologicamente perfeita. A união da precisão da máquina com a arte da finalização manual resulta em restaurações que mimetizam a natureza com perfeição. O técnico deve dominar tanto o software quanto o pincel e o forno de cerâmica.

Em conclusão, a prótese fixa digital não elimina a complexidade da reabilitação, mas altera onde o esforço é aplicado. O foco desloca-se da correção de erros de processo (como bolhas na fundição) para o planejamento e design precisos. A base teórica de prótese fixa e oclusão permite ao técnico explorar todo o potencial das máquinas fresadoras, entregando trabalhos com integridade marginal, estabilidade oclusal e estética refinada.

4. Prótese total e removível: desafios da mucosa e retenção digital

As próteses totais (mucossuportadas) e parciais removíveis (dentomucossuportadas) apresentam desafios únicos no fluxo digital devido à natureza resiliente dos tecidos moles. A formação técnica tradicional enfatiza a importância da moldagem funcional, do selamento periférico e do desenho correto dos gramos e conectores maiores para garantir retenção e estabilidade. A digitalização desses processos exige estratégias inovadoras para capturar a dinâmica dos tecidos moles sem a pressão física exercida pelos materiais de moldagem convencionais.

No caso das Próteses Totais (PT), o protocolo digital envolve o escaneamento da mucosa e o registro das relações maxilomandibulares. Softwares específicos permitem a análise do espaço protético e a montagem virtual dos dentes, seguindo curvas de compensação (Spee e Wilson) e planos de orientação. A grande vantagem da PT digital reside na possibilidade de fresar a base da prótese a partir de um disco de resina pré-polimerizada industrialmente. Isso elimina a contração de polimerização inerente ao processo convencional de prensagem e termopolimerização, resultando em bases com adaptação superior à mucosa e menor liberação de monômero residual, o que é biologicamente benéfico.

A estética em próteses totais digitais também evoluiu. É possível utilizar dentes de estoque pré-fabricados colados em bases fresadas ou imprimir a prótese inteira (base e dentes) utilizando resinas de última geração com propriedades estéticas e mecânicas aprimoradas. O conhecimento técnico sobre a linha do sorriso, a linha alta do canino e o suporte labial é fundamental para posicionar os dentes virtuais de forma a rejuvenescer a aparência do paciente e restaurar a dimensão vertical de oclusão (DVO) correta, conceitos centrais da disciplina de Prótese Total.

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

Para as Próteses Parciais Removíveis (PPR), o desafio está no desenho da estrutura metálica.

O planejamento dos nichos, planos guia e a escolha do tipo de grampo (circunferencial, barra, ação de ponta) dependem inteiramente da análise do equador protético e das áreas de retenção do dente pilar. No software CAD, o delineador virtual substitui o delineador físico, permitindo ao técnico identificar o eixo de inserção ideal e bloquear as áreas retentivas indesejadas com precisão matemática. A estrutura pode ser impressa em resina calcinável para fundição posterior ou impressa diretamente em metal (sinterização a laser - SLM), garantindo uma adaptação e homogeneidade estrutural superiores.

A biomecânica das PPRs, que envolve a distribuição de forças entre dentes e mucosa (alavancas de classe I, II e III), deve ser rigorosamente respeitada no design digital. O técnico deve aplicar seus conhecimentos teóricos para desenhar conectores maiores que ofereçam rigidez sem comprometer o conforto e a higiene. A precisão do CAD/CAM permite a confecção de estruturas mais leves e delicadas, mas que mantêm a resistência necessária, desde que o desenho respeite os princípios da engenharia de materiais e da fisiologia oral.

A integração de próteses removíveis com fixas (attachments) é facilitada pelo digital. O paralelismo entre os componentes machos e fêmeas pode ser perfeitamente alinhado no software, garantindo uma inserção e remoção suaves e uma retenção previsível. O conhecimento sobre os diferentes tipos de encaixes e suas indicações clínicas, abordado na formação técnica, é essencial para selecionar a solução mais adequada para cada caso clínico no ambiente de software.

Portanto, a aplicação de CAD/CAM em próteses removíveis e totais representa um avanço significativo em termos de qualidade material e adaptação. No entanto, o sucesso clínico continua dependendo da compreensão profunda da interação entre a prótese e os tecidos biológicos. A tecnologia oferece ferramentas poderosas para materializar o planejamento protético, mas o planejamento em si emana do conhecimento acumulado sobre anatomia, fisiologia e mecânica dental.

5. Implantodontia e os componentes protéticos personalizados

A disciplina de Introdução ao Implante e Materiais para Implante prepara o técnico para lidar com a reabilitação de pacientes edêntulos através de fixações ósseas. No fluxo digital, a implantodontia atinge seu ápice de precisão e personalização. A tecnologia CAD/CAM permite a confecção de pilares (abutments) personalizados em zircônia ou titânio, desenhados especificamente para o perfil gengival do paciente, promovendo uma saúde peri-implantar superior em comparação aos pilares pré-fabricados cilíndricos convencionais.

O planejamento reverso, conceito fundamental ensinado na formação técnica, é potencializado pelo digital. A partir do enceramento diagnóstico virtual (setup), é possível confeccionar guias cirúrgicos que orientam a instalação dos implantes na posição ideal para a futura

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

prótese. O técnico participa ativamente desse planejamento, integrando os arquivos DICOM (tomografia) com os arquivos STL (escaneamento intraoral) para criar uma visão completa da anatomia óssea e gengival. Esse processo exige conhecimento de anatomia radiográfica e cirúrgica, além de noções de oclusão e estética.

A confecção de barras para protocolos sobre implantes (All-on-4, All-on-X) via fresagem industrial garante uma passividade da estrutura que é praticamente inalcançável pela fundição convencional. A passividade é crucial para evitar tensões na interface osso-implante, que poderiam levar à perda óssea ou falha do implante. O software CAD permite desenhar barras com perfis complexos que suportam a superestrutura estética, otimizando a resistência e o espaço para a higiene. O conhecimento técnico sobre distribuição de implantes e polígonos de apoio guia o design dessas estruturas complexas.

A seleção de materiais para próteses sobre implante no fluxo digital é vasta. Desde infraestruturas em titânio e cromo-cobalto até estruturas em polímeros de alta performance (PEEK) ou zircônia. Cada material possui indicações específicas baseadas na carga oclusal, espaço interoclusal e antagonista. A base curricular em materiais dentários capacita o técnico a fazer escolhas informadas que equilibram estética, resistência e biocompatibilidade, evitando complicações como o desgaste excessivo dos dentes antagonistas ou a fratura da prótese.

A união de dentes e implantes no mesmo arco exige uma compreensão sofisticada da biomecânica, pois o implante não possui ligamento periodontal para amortecer forças. O design oclusal no CAD deve levar isso em consideração, criando contatos pontuais e aliviando forças laterais sobre os implantes. A precisão do articulador virtual ajuda a simular esses cenários, mas a decisão final sobre o esquema oclusal baseia-se nos princípios teóricos da implantodontia e da oclusão.

A comunicação com o cirurgião-dentista é aprimorada pelo fluxo digital. O técnico pode enviar o design do pilar e da coroa para aprovação antes da fresagem, permitindo ajustes no perfil de emergência e na forma anatômica. Essa colaboração digital reduz repetições e garante que as expectativas biológicas e estéticas sejam atendidas. O técnico assume um papel de consultor tecnológico, utilizando seu conhecimento especializado para otimizar o resultado reabilitador.

Em suma, a implantodontia digital transforma o laboratório de prótese em um centro de engenharia biomédica de precisão. A capacidade de manipular componentes virtuais e transformá-los em dispositivos médicos biocompatíveis exige uma fusão de conhecimentos de cirurgia, prótese, materiais e software. A formação técnica fornece a base biológica e mecânica necessária para navegar com segurança nesse ambiente de alta tecnologia.

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

6. A revolução da manufatura aditiva e subtrativa

O Plano de Negócios da Smilettech Solutions LLC destaca a importância da manufatura aditiva (impressão 3D) e subtrativa (fresagem) na modernização dos laboratórios dentários. A compreensão dessas tecnologias é hoje uma extensão necessária do currículo de "Equipamentos e Instrumentais". A manufatura subtrativa, ou fresagem, envolve o desgaste de um bloco de material por brocas controladas por computador. É o padrão-ouro para zircônia, metais e algumas cerâmicas vítreas devido à alta densidade e resistência dos materiais processados. O técnico deve entender as limitações da fresadora, como o diâmetro das brocas, que impede a usinagem de ângulos internos agudos, exigindo adaptações no design da peça.

Por outro lado, a manufatura aditiva, ou impressão 3D, constrói o objeto camada por camada. Esta tecnologia é ideal para a confecção de modelos de trabalho, guias cirúrgicos, placas miorrelaxantes, provisórios e bases de prótese total. O conhecimento sobre as tecnologias de impressão (SLA, DLP, LCD) e sobre os materiais resinosos fotopolimerizáveis é crucial. O técnico precisa dominar os parâmetros de impressão, como tempo de exposição, espessura da camada e orientação da peça na plataforma, para garantir a precisão dimensional e a integridade estrutural do objeto impresso.

A pós-cura e o acabamento são etapas críticas na impressão 3D. As resinas exigem lavagem e cura em câmaras UV específicas para atingir suas propriedades finais de biocompatibilidade e resistência mecânica. O desconhecimento desses processos químicos pode resultar em peças citotóxicas ou mecanicamente frágeis. A formação técnica em materiais dentários fornece a base para compreender a polimerização e a importância de seguir rigorosamente os protocolos dos fabricantes.

A sustentabilidade e a eficiência econômica são impactadas pela escolha entre aditivo e subtrativo. A impressão 3D gera menos resíduo de material em comparação à fresagem, onde grande parte do bloco é descartada. O técnico gestor deve ser capaz de avaliar qual tecnologia é mais adequada para cada tipo de trabalho, considerando custos, tempo e qualidade. Essa competência de gestão laboratorial, abordada no perfil profissional do curso técnico, é vital para a viabilidade econômica do laboratório moderno.

A integração dessas máquinas no fluxo de trabalho exige manutenção preventiva e calibração constante. Assim como o técnico aprende a cuidar de fornos de fundição e motores de polimento, ele deve agora aprender a limpar espelhos de impressoras 3D, trocar fluidos de refrigeração de fresadoras e calibrar eixos. A "manutenção do maquinário tecnológico", citada no perfil profissional do diploma, ganha uma nova dimensão de complexidade e importância.

A curva de aprendizado para operar essas tecnologias é íngreme e requer formação continuada. Workshops práticos e mentorias, como os propostos pela Smilettech Solutions, são essenciais para preencher a lacuna entre a teoria acadêmica e a prática industrial. O técnico deixa de

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

ser apenas um artesão para se tornar um operador de tecnologia avançada, capaz de solucionar problemas de hardware e software para manter a produção ativa.

Concluindo, a manufatura aditiva e subtrativa são as ferramentas de produção da odontologia 4.0. Elas oferecem precisão, repetibilidade e escalabilidade. No entanto, a qualidade do produto final é diretamente proporcional ao conhecimento do operador sobre os materiais e processos. A formação técnica tradicional fornece os princípios fundamentais que, quando aplicados a essas novas tecnologias, permitem a fabricação de dispositivos médicos de excelência.

7. Educação técnica continuada e o novo perfil profissional

A rápida evolução tecnológica na odontologia cria um hiato entre o currículo das escolas técnicas e a realidade dos laboratórios de ponta. O perfil profissional descrito no diploma de técnico em prótese dentária — que inclui a confecção de dispositivos, suporte técnico ao dentista e gerenciamento laboratorial — deve ser reinterpretado à luz da era digital. O técnico moderno é um profissional híbrido, que domina tanto a morfologia dental e os conceitos de oclusão quanto a informática, o design CAD e a operação de máquinas CNC.

A necessidade de atualização constante é imperativa. Cursos de aperfeiçoamento, workshops e mentorias especializadas são os veículos para adquirir competências em softwares específicos (Exocad, 3Shape) e em novos materiais. A iniciativa de criar conteúdo educacional e suporte, como proposto no plano de negócios analisado, atende a uma demanda urgente do mercado por capacitação. O técnico não pode se estagnar nas técnicas analógicas; ele deve ser um agente de inovação, capaz de integrar novas soluções ao fluxo de trabalho existente.

O papel do mentor é crucial nesse processo de transição. Profissionais experientes que dominam tanto o analógico quanto o digital são capazes de guiar os novatos, ensinando não apenas "quais botões apertar", mas "por que" fazer determinado desenho ou escolha técnica. A mentoria transfere o conhecimento tácito — aquele adquirido com anos de prática em escultura e montagem — para o ambiente digital, evitando que a tecnologia seja usada de forma mecânica e sem critério biológico.

A inclusão de profissionais de diversas origens, como mencionado na estratégia de suporte a profissionais latinos, enriquece o mercado com diversidade de experiências e técnicas. A padronização da linguagem técnica e dos protocolos digitais facilita a colaboração internacional e a mobilidade profissional. O técnico brasileiro, reconhecido mundialmente por sua habilidade manual e criatividade, tem no digital uma ferramenta para potencializar seu talento e alcançar mercados globais.

A gestão laboratorial também se transforma. O controle de estoque, a precificação e o fluxo de caixa agora incluem licenças de software, insumos de impressão 3D e manutenção de

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

equipamentos de alto custo. O técnico gestor deve ter competências administrativas e visão estratégica para investir nas tecnologias certas no momento certo, garantindo o retorno sobre o investimento e a sustentabilidade do negócio.

A ética profissional e a responsabilidade técnica permanecem inalteradas. A tecnologia não isenta o técnico de sua responsabilidade sobre a qualidade e a segurança das próteses confeccionadas. O respeito às normas de biossegurança, a escolha de materiais certificados e a comunicação transparente com o dentista são pilares da profissão, seja no fluxo analógico ou digital.

Em síntese, o novo perfil do técnico em prótese dentária é o de um profissional versátil, tecnologicamente fluente e biologicamente consciente. A educação continuada não é uma opção, mas uma condição de sobrevivência profissional. A integração do conhecimento clássico com as ferramentas modernas define o padrão de excelência na reabilitação oral do século XXI.

8. Conclusão

A análise da integração dos fluxos digitais CAD/CAM na reabilitação oral, à luz da formação técnica em prótese dentária, revela uma transformação profunda e irreversível na profissão. Fica evidente que a tecnologia, por mais avançada que seja, não opera no vácuo; ela depende inteiramente do substrato de conhecimento acumulado sobre anatomia, fisiologia, oclusão e materiais dentários. O técnico em prótese dentária, capacitado nessas disciplinas fundamentais, é o único profissional apto a extraír o máximo potencial das ferramentas digitais, garantindo que a precisão micrométrica das máquinas se traduza em saúde e função para o paciente.

A substituição dos processos de fundição e prensagem pela fresagem e impressão 3D representa um ganho significativo em termos de padronização industrial e biocompatibilidade. A redução de erros humanos nas etapas de processamento material resulta em próteses com melhor adaptação marginal, menor porosidade e propriedades mecânicas superiores. No entanto, o "design" dessas próteses continua sendo uma atividade intelectual e artística que exige a compreensão da morfologia natural e da dinâmica mastigatória, competências centrais do currículo técnico.

A eficiência operacional proporcionada pelo fluxo digital é um diferencial econômico importante. A redução no tempo de produção, o menor desperdício de materiais e a possibilidade de comunicação instantânea entre clínica e laboratório otimizam a cadeia produtiva da odontologia. Isso não apenas aumenta a rentabilidade dos laboratórios, mas também amplia o acesso dos pacientes a tratamentos de alta qualidade, cumprindo uma função social relevante ao democratizar a saúde bucal de excelência.

O desafio da escassez de mão de obra qualificada, identificado no contexto do mercado norte-americano e global, ressalta a importância de iniciativas educacionais focadas na transição digital. A formação de técnicos capazes de operar sistemas complexos de CAD/CAM é uma

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

prioridade estratégica para a indústria. A mentoria e o treinamento prático surgem como métodos eficazes para acelerar essa curva de aprendizado, transferindo a expertise analógica para o domínio digital.

A atuação do profissional como consultor e solucionador de problemas ganha destaque. Diante da variedade de materiais e tecnologias, o cirurgião-dentista depende cada vez mais do conhecimento especializado do técnico para planejar casos complexos. A capacidade de prever resultados através de enceramentos virtuais e de selecionar a melhor estratégia de manufatura posiciona o técnico como um parceiro clínico indispensável na equipe multidisciplinar de reabilitação oral.

A sustentabilidade e a segurança ocupacional também são beneficiadas pela digitalização. A redução do uso de materiais tóxicos, gesso e metais pesados torna o ambiente laboratorial mais limpo e seguro. A ergonomia do trabalho digital, embora exija cuidados com a saúde visual e postural frente ao computador, elimina muitos dos riscos físicos associados à manipulação de fornos de alta temperatura e equipamentos de polimento ruidosos e poeirentos.

O futuro da prótese dentária reside na convergência total entre o biológico e o tecnológico. O uso de inteligência artificial para auxiliar no design, a realidade aumentada para visualização clínica e a impressão de biomateriais regenerativos são as próximas fronteiras. O profissional que domina os fundamentos técnicos de sua formação inicial estará preparado para navegar e liderar essas inovações, mantendo a essência humana da profissão: devolver o sorriso e a qualidade de vida.

Conclui-se, portanto, que a formação técnica em prótese dentária é a base insubstituível sobre a qual se constrói a odontologia digital. A tecnologia é o meio, mas o conhecimento anatômico, funcional e estético é o fim. A valorização da educação técnica rigorosa, aliada à abertura para a inovação contínua, é o caminho para assegurar a relevância e a excelência da prótese dentária no cenário global de saúde.

Referências

- MISCH, C. E. *Prótese sobre implantes*. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015.
- DAWSON, P. E. *Oclusão funcional: do design do sorriso à oclusão*. 1. ed. São Paulo: Santos, 2008.
- PEGORARO, L. F. et al. *Prótese fixa*. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2013.
- BEUER, F.; SCHWEIGER, J.; EDELHOFF, D. *Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations*. British Dental Journal, v. 204, n. 9, p. 505-511, 2008.
- REVELL, G. et al. *3D printing in dentistry: current status and future perspectives*. British Dental Journal, v. 234, n. 5, p. 373-380, 2023.

Ano V, v.1 2025 | submissão: 15/02/2025 | aceito: 17/02/2025 | publicação: 19/02/2025

TALLADIUM. *The future of dental technology: 3D printing and CAD/CAM*. Dental Tech Review, v. 12, p. 45-50, 2021.

MASCULO, F. S.; VIDAL, M. C. *Ergonomia: trabalho adequado e eficiente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

TURANO, J. C.; TURANO, L. M. *Fundamentos de prótese total*. 9. ed. São Paulo: Santos, 2010.

ANUSAVICE, K. J. *Phillips: materiais dentários*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SCHWINDLING, F. S. et al. *Accuracy of intraoral scanning compared to conventional impression in complex cases*. Clinical Oral Investigations, v. 25, p. 123-130, 2021.