

**U. PORTO**



**FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**ARTIGO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**“Materiais para CAD/CAM à base de resina –  
aplicações clínicas em Prostodontia”**

**“Resin - based materials for CAD/CAM – clinical  
applications in Prosthodontics”**

Melany da Veiga de Horta

PORTO, JULHO

2023

**FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA  
DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

2022/2023

**MATERIAIS PARA CAD/CAM À BASE DE RESINA –  
APLICAÇÕES CLÍNICAS EM PROSTODONTIA**

Artigo de Revisão Médico-Dentário

**ÁREA CIENTÍFICA:** Prostodontia

**ESTUDANTE:**

Nome Completo: Melany da Veiga de Horta

Número de Estudante: up201808595

Contacto Telefónico: +351 936310092

Contacto Eletrónico: melanyhorta34@gmail.com

**ORIENTADORA:**

Nome Completo: Susana João Cunha de Oliveira

Grau académico: Doutoramento

Título Profissional: Professora Auxiliar Convidada da FMDUP

**COORIENTADOR:**

Nome Completo: Paulo Jorge Rocha Almeida

Grau académico: Doutoramento

Título Profissional: Professor Auxiliar Convidado da FMDUP

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente à Deus que sempre me guiou e me deu forças para continuar dias após dias.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Susana Oliveira, pela orientação e apoio contínuos ao longo de todo o processo de pesquisa e elaboração deste trabalho. Sua experiência e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também por sua paciência e compreensão durante os momentos de dificuldade e desafios que surgiram ao longo dessa jornada. Sua capacidade de motivar e encorajar foi fundamental para que eu pudesse superar os obstáculos e manter-me focada nos objetivos estabelecidos.

Ao meu coorientador, Dr. Paulo Rocha por sua valiosa orientação dada e apoio durante este trabalho. Sua contribuição foi fundamental para o meu crescimento académico e profissional.

Aos meus pais, Conceição e Eduardo, quero expressar minha profunda gratidão por seu amor incondicional, encorajamento constante e sacrifícios incansáveis ao longo de minha jornada académica. Vocês foram minha fonte de inspiração e motivação para enfrentar os desafios e perseverar até o fim. Sem o seu apoio emocional e suporte financeiro, eu não teria sido capaz de chegar até aqui. Sou eternamente grata por tudo o que fizeram por mim. Em especial à minha mãe, minha maior força e motivadora que mesmo de longe me incentiva e apoia em tudo. A preocupação foi sempre saber se a filha dela que está longe, já comeu, descansou, está bem... e sempre diz” minina ba deta descansa, relaxa, ko preoukupa txeu nou. Ku calma tudo ta da certo,” isso no momento que até eu duvidava de mim mesma e das minhas capacidades. Muito obrigada por tudo mama!

Aos meus irmãos, Sony, Lenira, Leidir e Bruce, agradeço por estarem sempre ao meu lado, compartilhando minhas alegrias e dificuldades. Suas palavras de encorajamento e o apoio mútuo foram fundamentais para me manter motivada durante todo o processo de pesquisa. Sou abençoada por ter irmãos tão maravilhosos como vocês.

À minha querida família alargada, avós (“Luísa dmeu, papa Fatoi que sempre ta flaba nha médica”), tios (em especial o Felisberto, Manuel), tias( em

especial Edna, Alda, Maria do Rosário), e primos, agradeço por todo o amor, incentivo e orgulho que sempre demonstraram por minhas conquistas. Suas palavras de encorajamento e apoio moral foram uma fonte constante de motivação para mim.

Aos meus amigos de casa, Heldia, Roby, Abby, agradeço por tornarem cada dia mais leve e divertido. Vocês foram minha família longe de casa, compartilhando risos, momentos de descontração e até mesmo as preocupações académicas. Sua amizade verdadeira e apoio constante foram essenciais para que eu superasse os desafios e me mantivesse motivado(a) ao longo deste percurso.

À minha binómia, Eriane, por todos os momentos de partilha clínica na box 2 e 33. Sei que não podia ter escolhido melhor pessoa para me acompanhar e por isso, obrigada pelo apoio, paciência e amizade. Que continuemos assim no futuro.

A cada um de vocês, Edson, Darline, Alda, Marcio, Yolanda, Érica, Alicia, Célia, Carla, Klaryssa, Felipe, agradeço do fundo do meu coração pelo apoio, encorajamento e amizade verdadeira ao longo desses anos. Vocês foram pilares essenciais para o meu crescimento pessoal e académico, sempre presentes nos momentos de desafios e conquistas.

Agradeço por fazerem parte da minha jornada académica e por serem uma parte tão importante dela. Vocês me ensinaram o valor da amizade, da colaboração e do apoio mútuo. Sou grata por cada momento compartilhado e por todas as lembranças que construímos juntos.

Por último, a todos os meus colegas de curso, professores, funcionários e pacientes que fizeram parte desta longa jornada e que contribuíram para o sucesso da mesma.



## **Lista de Abreviaturas**

**Bis-DMA:** Bisfenol – Dimetacrilato

**Bis-GMA:** Bisfenol – A - Glicidimetacrilato

**CAD/CAM:** desenho assistido por computador / manufatura assistida por computador - Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing

**CNC:** controlo numérico computadorizado

**DLP:** Processamento digital de luz

**DMA:** dimetacrilato

**FDM:** Modelagem de deposição fundida

**PICN:** Polímero infiltrado com rede cerâmica

**PMMA:** Polimetilmetacrilato

**PMMA-G:** Polimetilmetacrilato modificado com Grafeno

**RBC:** Compósito à base de resina

**SLA:** Estereolitografia

**UDMA:** Uretanodimetacrilato

## Índice

<b>RESUMO</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>3. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>17</b>
3.1. MÉTODOS CONVENCIONAIS VS SISTEMAS CAD/CAM.....	17
3.2. FLUXO DE PRODUÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR CAD/CAM.....	18
3.2.1. <i>Manufatura subtrativa</i> .....	19
3.2.2. <i>Manufatura aditiva</i> .....	20
3.3. MATERIAIS PARA CAD/CAM À BASE DE RESINA .....	22
3.3.1. <i>PMMA</i> .....	24
3.3.2. <i>RBC</i> .....	26
3.3.3 <i>PICN</i> .....	27
3.4 APLICAÇÕES CLÍNICAS DOS MATERIAIS À BASE DE RESINA PARA O SISTEMA CAD/CAM NA ÁREA DA PROSTODONTIA .....	28
3.4.1. <i>Base de Prótese total</i> .....	28
3.4.2. <i>Restaurações provisórias</i> .....	31
3.4.3. <i>Próteses Parciais Fixas</i> .....	32
3.4.4. <i>Moldeiras individuais</i> .....	33
3.4.5. <i>Goteiras oclusais</i> .....	33
3.4.6. <i>Guias cirúrgicas</i> .....	34
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>38</b>
<b>6. ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## Resumo

**Introdução:** A prótese dentária é frequentemente utilizada como um substituto biocompatível para restaurar a função e estética orais. A tecnologia CAD/CAM (*Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing*) revolucionou a medicina dentária, permitindo a fabricação de próteses de forma mais precisa e eficiente. Existem dois métodos de produção CAD/CAM: o subtrativo, que envolve a fresagem do objeto, e o aditivo, que utiliza a impressão 3D. A impressão 3D tem ganho destaque na medicina dentária devido à sua versatilidade na produção de vários tipos de próteses. A escolha dos materiais CAD/CAM mais adequados a cada situação clínica é crucial, levando em consideração as suas propriedades mecânicas, físicas e biocompatibilidade.

**Objetivo:** Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre os materiais à base de resina utilizados em sistemas CAD/CAM na área da Prosthodontia, abordando as suas aplicações clínicas, propriedades mecânicas e físicas, e biocompatibilidade.

**Materiais e Métodos:** A pesquisa de artigos foi efetuada em três bases de dados eletrônicas: Pubmed, Web of Science e Scopus, entre 2013 e 2023. Foram considerados artigos escritos em inglês e português, a partir dos seus resumos e com base na relevância para o tema. Esta pesquisa foi posteriormente complementada com a consulta de referências bibliográficas nos artigos resultantes da pesquisa original. Após aplicação dos critérios de exclusão, obtiveram-se 113 artigos, dos quais 32 foram incluídos nesta revisão.

**Desenvolvimento:** Os métodos convencionais de fabricação de próteses envolvem várias etapas manuais, o que pode levar a erros, imprecisões, aumento de tempo e custos. No entanto, a manufatura assistida por computador tem-se mostrado uma alternativa promissora. Independentemente da tecnologia subjacente, o objetivo do CAD/ CAM é produzir uma restauração precisa, com um ajuste adequado e morfologia correta conforme projetado pelo *software* CAD.

Existem três grupos de materiais à base de resina no sistema CAD/CAM: polímeros de PMMA, compósitos de resina (RBCs) e cerâmicas híbridas preenchidas com resina (PICN). Os polímeros de resina são usados para próteses fixas temporárias, os RBCs para restaurações temporárias de longo prazo e o PICN é uma variação de compósitos de resina com matriz de cerâmica e polímero de reforço, apresentando propriedades mecânicas mais similares à dentina natural. Na área da prostodontia, estes materiais têm uma ampla gama de aplicações clínicas, discutidas no desenvolvimento desta revisão.

**Conclusão:** Os materiais à base de resina para sistemas CAD/CAM têm potencial na área de Prótese Dentária, oferecendo soluções estéticas e funcionais. No entanto, mais pesquisas e estudos clínicos são necessários para garantir sua segurança e eficácia na prática de medicina dentária.

**Palavras-chave:** CAD/CAM, Materiais à base de resina, Prostodontia, Aplicações clínicas, Manufatura aditiva, Manufatura subtrativa.

## **Abstract**

**Introduction:** Dental prostheses are commonly used as biocompatible substitutes to restore oral functions and esthetics. CAD/CAM (Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing) technology has revolutionized dental medicine, enabling the production of dentures with more accuracy and efficiency. There are two methods of CAD/CAM manufacturing: subtractive, that involves milling of the object, and additive, that uses 3D printing. 3D printing has gained prominence in dental medicine due to its versatility in manufacturing various types of dental prostheses. Selecting the more adequate CAD/CAM materials to each clinical situation is crucial, considering their mechanical and physical properties, and biocompatibility.

**Objective:** This study aims to review the literature regarding resin-based materials used in CAD/CAM systems in the field of Prosthodontics, focusing on their clinical applications, mechanical and physical properties, and biocompatibility.

**Materials and Methods:** Article search was conducted in three electronic databases: Pubmed, Web of Science e Scopus, between 2013 and 2023. Based on their abstracts and relevance to the topic, articles written in English and Portuguese were considered. The original search was further complemented by references cited in the former articles. Following exclusion criteria, 113 articles were obtained, of which 32 were included in this review.

**Development:** Conventional manufacturing methods for dental prostheses include various analogical stages, which may lead to errors, inaccuracies, increasing both time and costs. Computer aided manufacturing, however, has become a promising alternative. Aside from the involved technology, CAD/CAM aims at producing precise restorations, with an adequate fitting and accurate morphology, as designed by the CAD software. There are three groups of resin-based materials in the CAD/CAM system: PMMA polymers, resin-based composites (RBCs) and resin-filled hybrid ceramics (PICN). Resin polymers are used for temporary fixed prostheses, RBCs for long-term temporary restorations, with the PICN being a variation of resin composites with ceramic

matrix and polymer network, exhibiting mechanical properties more similar to natural dentin. In the prosthodontic fields, these materials have a wide range of clinical applications, discussed in this review.

**Conclusion:** Resin-based materials for CAD/CAM have great potential in the field of Prosthodontics, offering esthetical and functional solutions. However, more research and clinical studies are necessary for guarantying their efficacy in dental practice.

**Keywords:** CAD/CAM, Resin-based materials, Prosthodontics, Clinical applications, Additive manufacturing, Subtractive manufacturing.

## 1. Introdução

A Prostodontia é definida como uma especialidade médico-dentária para diagnóstico, planeamento de tratamento e manutenção da função oral, proporcionando conforto e saúde a pacientes com condições clínicas associadas a dentes e/ou tecidos maxilofaciais ausentes ou deficientes, usando um substituto biocompatível, que na maioria das vezes é uma prótese (1).

Para que uma prótese cumpra a sua função, ela deve ser estética, adaptada aos tecidos de suporte com precisão e conforto. Estes requisitos devem ser atendidos por qualquer método de confeção da prótese, seja convencional ou assistido por computador (1).

CAD/CAM é uma sigla da língua inglesa para *Computer-Aided Design* e *Computer-Aided Manufacturing* que significam, respetivamente: desenho assistido por computador e manufatura assistida por computador (2). A tecnologia CAD/CAM revolucionou a medicina dentária (1), estando presente na prática clínica desde o ano de 1990. O interesse pela tecnologia CAD/CAM tem aumentado exponencialmente nos últimos anos e atualmente está representada por uma larga escala de materiais (3–5). Com o desenvolvimento contínuo da tecnologia de engenharia computadorizada, as modalidades de tratamento médico digital estão a tornar-se uma abordagem integral para prótese dentária, ortodontia, e cirurgia oral e maxilofacial (1).

Existem dois métodos de produção pelo sistema CAD/CAM: manufatura aditiva e manufatura subtrativa. Os materiais compatíveis com o método subtrativo compreendem a cera, polimetilmetacrilato (PMMA), resinas compostas, polímeros de alto desempenho, metais e cerâmicas que incluem a vitrocerâmica, polímeros reforçados com partículas de cerâmicas, cerâmica infiltrada com um polímero e cerâmica policristalina. O método aditivo, também conhecido como prototipagem rápida ou impressão 3D, envolve a aposição em série de material de resina líquida numa estrutura de suporte, com base em modelos 3D, seguida de polimerização por luz visível, luz ultravioleta, calor ou laser (4).

A impressão 3D é uma tecnologia emergente que ganhou muito interesse na medicina dentária devido à sua ampla gama de recursos para a fabricação de

próteses fixas, guias cirúrgicas, restaurações provisórias, goteiras oclusais, protetores de mordida e próteses removíveis (4). No entanto, ao contrário do uso extensivo desta tecnologia em outras áreas da medicina dentária, a utilização de CAD/CAM na produção de próteses totais foi limitada devido à falta de *software* CAD adequado até recentemente (6). Face a esta rápida expansão, é importante investigar os materiais atualmente disponíveis para a manufatura aditiva, as suas propriedades, durabilidade e características de superfície para avaliar se eles constituem uma alternativa viável aos materiais processados pela manufatura subtrativa (5). A biocompatibilidade destes materiais é outro parâmetro crítico a ter em conta para o uso clínico dos mesmos. De facto, reações adversas da mucosa oral em contato direto com estes materiais podem resultar em dor, hipersensibilidade e até alergias ou sensação de ardor na boca (4).

Existem vários fatores que influenciam os resultados da impressão 3D, que incluem a espessura da camada de impressão, a fonte de luz e a intensidade, bem como a orientação da impressão. Existem ainda fatores específicos de laboratório que podem afetar a precisão das resinas impressas em 3D, como o sistema disponível, dispositivos utilizados e materiais de impressão (7).

Em relação às propriedades mecânicas dos compósitos à base de resina para CAD/CAM, as pesquisas sugerem uma classe bastante heterogénea de materiais. Isto é atribuído principalmente a diferentes tipos, tamanhos e quantidade de cargas inorgânicas (aproximadamente 60-85% em peso), bem como à matriz orgânica. As diferenças significativas nos materiais de resina CAD/CAM, como por exemplo em termos de resistência à flexão (150–330 MPa) e módulo de elasticidade (10,3–30,0 GPa), podem ter um impacto determinante na sua *performance* clínica.

Para avaliar adequadamente os materiais disponíveis e escolher criteriosamente os materiais para indicações clínicas específicas, é essencial conhecer informações detalhadas sobre o seu comportamento mecânico (8,9).

Atendendo à diversidade de materiais disponíveis, o objetivo deste estudo consiste na realização de uma revisão da literatura sobre materiais à base de resina para os sistemas CAD/CAM na área de Prostodontia, com foco nas suas aplicações clínicas, propriedades mecânicas e físicas, e biocompatibilidade.



## **2. Materiais e métodos**

A pesquisa de artigos para esta revisão narrativa foi efetuada em três bases de dados eletrônicas: Pubmed, Web of Science e Scopus.

Para a pesquisa de artigos, os seguintes termos e operadores booleanos foram usados : “CAD/CAM print”, “CAD/CAM”, “CAD/CAM AND resin materials”, “Resin materials AND CAD/CAM AND Prosthodontics”, “CAD/CAM AND Manufacturing AND Resin materials”, “3D dental printing AND resin AND Prosthodontics”, “PMMA AND Prosthodontics AND CAD/CAM”, “Prosthodontics applications AND CAD/CAM”, “Denture base materials AND CAD/CAM”, “resin materials”, tendo como filtro temporal artigos publicados desde 2013 até março de 2023.

Os critérios de inclusão foram: artigos com texto integral disponível, escritos em inglês e português, do tipo artigo de revisão narrativa, revisão sistemática, metanálise, ensaios clínicos e estudos de coorte. Uma pesquisa adicional nas referências dos artigos selecionados foi realizada a fim de complementar a informação sobre o tema.

Como critérios de exclusão definiram-se: trabalhos sobre materiais para CAD/CAM não baseados em resina e/ou sem aplicação em prosthodontia; estudos redundantes ou repetitivos.

A pesquisa original resultou em 1779 artigos, 1666 dos quais excluídos após aplicação dos critérios supramencionados. A partir dos seus resumos e com base na relevância para a revisão bibliográfica proposta selecionou-se um total de 113 artigos. Após leitura integral foram incluídos 32 artigos neste trabalho de revisão.

Paralelamente, foram realizadas pesquisas sobre os materiais à base de resina disponíveis no mercado, utilizando os sites das seguintes marcas: *asiga*; *DENTONA*; *NextDent*; *ARGEM CANADA*; *BEGO*; *BencoDental*; *DETAX*; *Dreve*; *KeyPrint*; *KULZER*; *merzDental*; *Pac-Dent*; *SAREMCO*; *SCHEU*; *VOCO*; *SHERA*. Nestes sites foram selecionados alguns materiais utilizados na área de Prosthodontia para o sistema CAD/CAM.



### **3. Desenvolvimento**

#### **3.1. Métodos Convencionais vs Sistemas CAD/CAM**

Os métodos convencionais de fabricação envolvem o registo de uma impressão do local de tratamento, vazando um modelo de gesso e construindo um padrão de cera. O padrão de cera é revestido e substituído por material permanente como metal, cerâmica, acrílico e silicone. Tais etapas requerem uma considerável intervenção humana e manuseio de materiais que podem também sofrer contração e expansão inerentes ao processamento. Isto pode resultar num aumento de erros e imprecisões de processamento, bem como no aumento do tempo e custos associados (1).

A literatura mais recente reflete uma tendência contínua de fluxos de trabalho de manufatura assistida por computador e uma evolução gradual em direção a uma aceitação mais ampla de novas tecnologias para a produção de próteses. Do ponto de vista prático, o requisito mínimo para uma prótese assistida por computador é fornecer uma prótese equivalente aquela produzida por processos de fabricação convencionais (1).

Paralelamente ao desenvolvimento de sistemas auxiliados por computador, surgiram novos materiais para a fabricação de próteses, podendo as máquinas atuais utilizar uma ampla variedade de metais, cerâmicas e resinas (1).

Relativamente às vantagens das próteses produzidas por CAD/CAM comparativamente aos métodos convencionais, a maioria dos estudos sugere o seguinte: diminuição do número de consultas, melhor ajuste das próteses dentárias, redução do risco de colonização de microrganismos nas superfícies da prótese e menor incidência de estomatite protética, avanços na padronização para pesquisa clínica sobre próteses removíveis, reprodução fácil da prótese e controlo de qualidade superior por médicos dentistas e técnicos (2). Quanto às desvantagens citadas na literatura temos: persistência de algumas limitações dos sistemas de digitalização intraoral e dos procedimentos de registo da dimensão vertical de oclusão, transferência da relação intermaxilar e manutenção do suporte labial, que são em tudo similares aos procedimentos utilizados no processo convencional. A lista de desvantagens completa-se com a incapacidade de definir o plano oclusal mandibular, o preço elevado dos

materiais e o aumento dos custos laboratoriais em comparação com os métodos convencionais (2).

### **3.2. Fluxo de produção assistida por computador CAD/CAM**

A tecnologia CAD/CAM refere-se ao desenho e fabricação digital. Esta tecnologia é composta por três componentes fundamentais: sistema de leitura da preparação dentária (*scanning*), *software* de desenho da restauração protética (CAD) e sistema de produção da estrutura protética (CAM) (2).

Segundo a disponibilidade de ceder os arquivos CAD, os sistemas CAD/CAM podem ser classificados em sistemas abertos ou fechados. A vantagem de um sistema aberto é a possibilidade de escolher o sistema CAM mais adequado às necessidades do trabalho, pois existe a possibilidade de transmitir o arquivo CAD para outro computador. Os sistemas CAD-CAM fechados, por sua vez, oferecem todo o sistema de produção. Podem ainda ser classificados segundo o local onde são utilizados, o que inclui as modalidades *chairside* ou *inLab*. A grande maioria dos sistemas funciona em laboratório, sendo o sistema CEREC o único a apresentar ambas as modalidades (2).

O aumento exponencial da utilização da tecnologia CAD/CAM na prostodontia é atribuído ao desenvolvimento e aperfeiçoamento contínuo de sistemas, maior capacidade de controlo de qualidade, desenvolvimento paralelo de materiais e possibilidade de avaliação virtual. Todas as tecnologias de digitalização, *software* de desenho e sistemas de produção estão cada vez mais desenvolvidos, precisos e com protocolo de fabricação mais simples e fácil de usar (1). No âmbito da prostodontia, estes sistemas têm sido utilizados principalmente para a produção de restaurações de prótese fixa como, por exemplo, coroas, pontes e facetas (2).

Independentemente da tecnologia subjacente, o objetivo da manufatura auxiliada por computador é produzir uma restauração precisa, com um ajuste adequado e morfologia correta conforme projetado pelo *software* CAD. Nas secções seguintes, apresenta-se uma análise pormenorizada dos tipos de manufatura disponíveis, com especial ênfase no efeito e na precisão dos materiais a serem utilizados (1).

### 3.2.1. Manufatura subtrativa

A manufatura subtrativa baseia-se na fresagem da peça de trabalho a partir de uma peça bruta maior por uma máquina de controlo numérico computadorizado (CNC). O *software* CAM converte automaticamente o modelo CAD em trajetória de ferramenta para a máquina CNC. Isto envolve o cálculo da série de comandos que a fresagem CNC receberá, incluindo o sequenciamento, as ferramentas de fresagem, a direção e magnitude do movimento da ferramenta. O sistema de fresagem pode ter 3, 4 ou 5 eixos (1,5,10) .

Como referido anteriormente, os materiais compatíveis com a manufatura subtrativa incluem a cera, PMMA, resinas compostas, polímeros de alto desempenho, metais e cerâmicas, como vitrocerâmica, polímeros reforçados com partículas de cerâmica, cerâmica infiltrada com um polímero também conhecida como cerâmica híbrida, e cerâmica policristalina. A precisão de fabricação é influenciada pela estratégia de fresagem e pelo diâmetro das fresas (1,5,10).

Estão disponíveis duas formas de fresagem: *hard milling* e *soft milling*. A *hard milling*, baseada na fresagem da peça de trabalho nas suas dimensões exatas por um sistema CNC robusto, é usada para metal, zircónia densamente sinterizada e resinas compostas, enquanto que a *soft milling* é utilizada especificamente para zircónica pré-sinterizada (1).

Uma das principais vantagens da manufatura subtrativa é garantir a durabilidade da peça, uma vez que esta é fresada a partir de um bloco com uma qualidade de grau industrial. Na área da prostodontia, este método pode reduzir as falhas de fabricação, uma vez os processos de controlo de qualidade dos fabricantes de materiais são mais rigorosos do que os observados em laboratórios comerciais (1).

As principais desvantagens deste método englobam a quantidade considerável de desperdício de material, limitações provenientes do diâmetro das fresas, o ciclo de vida útil dos instrumentos, e a necessidade de acabamento e polimento manual da superfície áspera da peça fresada (10).

A manufatura subtrativa é mais dispendiosa do que a aditiva, pois o procedimento envolve o corte de materiais com uma fresa que produz calor, ruído e uma força desfavorável, estando sujeita a um rápido desgaste (11).

### **3.2.2. Manufatura aditiva**

Os sistemas de manufatura aditiva foram mais recentemente introduzidos como métodos de construção de restaurações e dispositivos médicos. A manufatura aditiva é definida como o processo de unir materiais para fazer objetos a partir de dados de modelos 3D, geralmente camada sobre camada. Para cada milímetro de material, existem de 5 a 20 camadas, que a máquina estabelece como camadas sucessivas de material líquido ou em pó que são fundidas para criar a forma final (1,10).

Os métodos de manufatura aditiva foram originalmente implementados para fabricar protótipos de modelos e padrões com precisão confiável e repetibilidade que poderiam ser produzidos num curto espaço de tempo. Em prótese dentária, a manufatura aditiva pode fabricar um padrão de pré-produção (cera ou plástico) que pode ser transformado numa prótese definitiva, permitindo ainda a produção direta de peças definitivas em metais, resinas ou cerâmicas (1,10).

Estudos recentes têm demonstrado que as próteses dentárias fabricadas pelo método aditivo têm um grau de precisão aceitável em comparação com as próteses feitas pelos métodos subtrativo e convencional (11).

Entre as vantagens da manufatura aditiva está a capacidade de produzir peças customizadas que se adaptam aos tecidos duros e/ou moles do paciente. Todo o processo de produção é passivo e não envolve a aplicação de força. Este é um método mais económico uma vez que não há desperdício de material e qualquer material não utilizado é reutilizável para processamento futuro. A capacidade de fabricar peças grandes apresenta poucas restrições, o que não é o caso dos métodos subtrativos que são mais adequados para peças pequenas. A manufatura aditiva também permite fabricar peças de diferentes consistências e propriedades de materiais (1,11).

A impressão 3D permite a fabricação simultânea de múltiplas geometrias complexas utilizando menos matéria-prima, resultando assim, em fluxos de trabalho mais eficientes em termos de custo e tempo (10).

O protocolo de produção pelo método aditivo envolve camadas sequenciais ao longo do eixo de produção, o que leva à obtenção de uma superfície externa da peça com uma morfologia escalonada e grosseira. Este fenómeno afeta

negativamente a textura da superfície e a precisão dimensional geral da peça, o que pode ser um problema clínico se a prótese não for polida ou revestida (1).

A precisão da técnica aditiva depende da espessura da camada e da largura do feixe de cura. Quanto mais finas as camadas e mais estreito o feixe de cura, mais preciso é o produto final; no entanto, aumentar o número de camadas e reduzir o diâmetro do feixe incrementará exponencialmente o tempo de fabricação (1).

Embora as técnicas de manufatura aditiva tenham progredido muito, vários desafios ainda precisam de ser resolvidos. Esses desafios incluem os materiais limitados que podem ser usados em processos aditivos, precisão relativamente baixa da peça causada pelo efeito “degrau de escada”, fraca repetibilidade e consistência das peças produzidas, e falta de padrões para processos de manufatura aditiva (12). No entanto, a curva de aprendizagem, o investimento inicial em *software* e *hardware*, e os requisitos de pós-processamento são as principais barreiras para a utilização desta tecnologia (10).

### **3.2.2.1. Sistema de impressão 3D de materiais à base de resina**

Com o rápido crescimento desta tecnologia, novos métodos de impressão 3D e produtos disponíveis comercialmente continuam a surgir tanto no mercado como na literatura científica. Isso torna particularmente difícil a classificação dos métodos de impressão 3D atualmente existentes. Uma abordagem simplista para definir as tecnologias de impressão 3D mais comuns consiste em categorizar os sistemas de impressão de acordo com o seu processo de fabricação. Sob essa classificação, é possível diferenciar os métodos de impressão 3D em quatro categorias gerais: 1. impressão por extrusão, 2. impressão a jato de tinta, 3. fusão/sinterização a laser e 4. Estereolitografia (13).

Resumidamente, na impressão por extrusão, um material é extrudido de um bico controlado por computador, que se move em três eixos. Na impressão a jato de tinta, gotículas micrométricas de tinta (normalmente fotopolímeros) são distribuídas usando também estágios de três eixos. Por outro lado, na fusão e sinterização a laser, a alta temperatura da luz do laser é utilizada para sinterizar ou soldar regiões específicas numa cama de pó, enquanto um módulo se move

para cima ou para baixo e o material é adicionado camada por camada, gerando, assim, uma estrutura 3D. Por fim, a estereolitografia (que normalmente também utiliza lasers como fonte de luz) usa fotopolímeros mantidos numa cuba controlada pelo eixo Z, e a estrutura 3D resulta da exposição direta do polímero à luz, à medida que a cuba ou o suporte da amostra se movem para cima ou para baixo (13).

Embora o processo de desenho e impressão 3D de materiais dentários possa ser facilmente realizado, é importante considerar uma série de parâmetros que podem variar entre as impressoras e afetar a qualidade das peças impressas, dependendo do material utilizado. Inicialmente, é necessário otimizar a combinação ideal de vários parâmetros de impressão, como a orientação de impressão, a configuração de cor da resina e a espessura da camada, os quais são determinantes para obter uma impressão consistente e precisa (13). As resinas utilizadas na impressão 3D em medicina dentária são geralmente baseadas em formulações de produtos existentes, como materiais temporários para coroas e pontes. No entanto, a sua composição química deve ser adaptada para o processo de manufatura aditiva. A resina deve possuir a viscosidade adequada para fluir facilmente entre a plataforma da impressora e o fundo da cuba após cada camada. A incorporação de cargas, pigmentos e fotoiniciadores influencia não apenas as propriedades mecânicas dos materiais, mas também afeta a precisão do resultado. Se o índice de refração entre a resina e as substâncias incorporadas não estiver adequadamente ajustado, a luz do laser será dispersa, resultando numa menor profundidade de polimerização e, conseqüentemente, imprecisões na peça final (14).

### **3.3. Materiais para CAD/CAM à base de resina**

Os materiais à base de resina estão entre os mais usados pelo sistema CAD/CAM e podem ser genericamente classificados em três grupos:

- Polímeros CAD/CAM à base de resinas de PMMA com baixo conteúdo de partículas inorgânicas;

- Compósitos à base de resina (RBCs) para CAD/CAM à base de dimetacrilato (DMA) ou resinas compostas bis-acrílicas com alta carga inorgânica;
- Cerâmicas híbridas preenchidas com resina – polímero infiltrado com rede de cerâmica (PICN) (15).

Os polímeros CAD/CAM são baseados em metacrilatos de metilo (MMA), geralmente com um baixo teor (até 10% em peso) de carga inorgânica. Com uma resistência à flexão entre 80-160 MPa e um módulo de elasticidade entre 2 e 5 MPa, estes polímeros são principalmente adequados para a fabricação de próteses fixas temporárias (15).

Os RBCs para CAD/CAM são baseados em diferentes DMA, como Bisfenol A-Glicidilmetacrilato (Bis-GMA), Uretanodimetacrilato (UDMA) e Bisfenol-Dimetacrilato (Bis-DMA) e apresentam um alto teor (61–86% em peso) de carga inorgânica. Com uma resistência à flexão entre 130-200 MPa e um módulo de elasticidade entre 8-20 MPa, apresentam propriedades mecânicas similares à dentina natural. Os RBCs para CAD/CAM são usados principalmente para a fabricação de restaurações temporárias de longo prazo (15). De forma análoga às resinas compostas diretas, os compósitos CAD/CAM à base de resina consistem em partículas inorgânicas embebidas numa matriz de polímero orgânico, geralmente usando silanos como agentes de acoplamento (8). O primeiro compósito de resina comercial para aplicações CAD/CAM foi o Paradigm MZ100 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), obtido pela polimerização de fábrica do seu bem-sucedido compósito de resina composta direta Z100 (4).

Um dos principais benefícios dos materiais à base de resina, conforme anunciado por muitos fabricantes, é o módulo de elasticidade semelhante à dentina de aproximadamente 10–30 GPa. Embora os compósitos não alcancem a alta estética da cerâmica, eles são comumente considerados menos duros e quebradiços, além de causarem menos desgaste e *stress* nos dentes antagonistas. Estas propriedades podem ser benéficas para a reabilitação de pacientes que sofrem de parafunções, como o bruxismo. A capacidade de dissipação de energia também pode ser aumentada pela utilização de compósitos CAD/CAM à base de resina com baixo módulo de elasticidade. Neste

sentido, as restaurações implanto-suportadas à base de RBCs podem ter efeitos benéficos na diminuição da concentração de *stress* durante a mastigação (8).

Uma variação de compósitos à base de resina é o designado PICN, que compreende uma matriz de cerâmica sinterizada como estrutura e uma rede de polímero de reforço (teor de cerâmica: 86% em peso; teor de polímero: 14% em peso) (8). O PICN utiliza uma técnica de processamento inovadora em que um bloco cerâmico poroso é infiltrado com um polímero à base de UDMA, ao contrário dos compósitos de resina tradicionais produzidos através da adição de cargas cerâmicas a uma matriz de polímero. A principal vantagem deste material é que é mais fácil (e rápido) de ser fresado por técnicas CAD-CAM, e o seu módulo de elasticidade é mais próximo ao dos tecidos dentários (16).

### **3.3.1. PMMA**

O PMMA foi desenvolvido na década de 1930 e, em 1940, 90 a 95% de todas as próteses já eram feitas com este material (17). Os polímeros CAD/CAM à base de PMMA têm diferentes propriedades mecânicas, dependendo do monómero e da composição química, e têm uma estrutura altamente reticulada, que pode oferecer vantagens sobre as resinas temporárias polimerizadas convencionalmente (18).

As propriedades mecânicas, físicas e de biocompatibilidade do PMMA utilizado pelo sistema CAD/CAM podem variar dependendo do fabricante e das especificações do produto (5). No entanto, de forma geral, o PMMA utilizado nesse processo apresenta as propriedades seguidamente sintetizadas.

- Propriedades mecânicas: alta resistência à flexão e compressão, boa tenacidade e baixo coeficiente de atrito. Baixo módulo de elasticidade. O PMMA também é resistente ao desgaste e abrasão (19,20);
- Propriedades físicas: baixa densidade, alta estabilidade dimensional e baixa absorção de água. Essas propriedades ajudam a garantir uma adaptação precisa da prótese aos tecidos orais e reduzem o risco de deformação ao longo do prazo (19);
- Biocompatibilidade: o PMMA é geralmente considerado biocompatível. O PMMA para CAD/CAM apresenta uma taxa de polimerização mais elevada e menor produção de monómeros livres de MMA,

comparativamente ao PMMA convencional (21). No entanto, alguns pacientes podem ser sensíveis ao material e experimentar irritação ou inflamação. Portanto, é importante que o PMMA utilizado pelo sistema CAD/CAM seja de alta qualidade e cumpra os padrões de segurança estabelecidos pelos órgãos reguladores de saúde (19).

O PMMA está entre os polímeros mais frequentemente usados em laboratórios e clínicas dentárias para rebasamento de próteses e coroas temporárias e na indústria para a fabricação de dentes artificiais devido às suas adequadas propriedades físicas e mecânicas, estética, custo-benefício favorável, facilidade de manipulação e processo de fabricação relativamente rápido. O PMMA é convencionalmente disponível na forma de um sistema pó-líquido. O pó contém um polímero transparente; no entanto, aditivos como pigmentos e fibras sintéticas de *nylon* ou acrílico são adicionados para ajustar as propriedades físicas e estéticas. O componente líquido contém um monômero de MMA, juntamente com agentes de reticulação e inibidores (19,22).

Com os avanços nos materiais de CAD/CAM, os fabricantes apresentaram recentemente polímeros CAD/CAM à base de PMMA como um material alternativo para próteses provisórias (20), sendo também utilizado na fabricação de próteses totais (23).

#### **3.3.1.1. PMMA modificado com grafeno (PMMA-G)**

O PMMA modificado com grafeno (PMMA-G) é um material que tem sido investigado em aplicações de prótese dentária. O grafeno é um material de carbono que apresenta excelentes propriedades mecânicas, elétricas e térmicas, além de uma alta área superficial. A adição de grafeno ao PMMA pode melhorar as suas propriedades, como a resistência ao desgaste, resistência ao impacto e tenacidade (22). Lee *et al.* relataram também que o PMMA exibiu melhores efeitos de adesão antimicrobiana após a incorporação de grafeno (22).

Algumas aplicações em prótese dentária incluem a fabricação de próteses totais, próteses parciais removíveis, próteses implantossuportadas, entre outras. O PMMA-G pode ser utilizado em diversas etapas do processo de fabricação,

incluindo a impressão 3D e o CAD/CAM. Os resultados de estudos *in vitro* e *in vivo* sugerem que o PMMA-G pode apresentar desempenho superior em comparação com o PMMA convencional em termos de resistência à fratura, estabilidade de cor e propriedades mecânicas. No entanto, são necessários mais estudos para avaliar a longevidade e biocompatibilidade do material em aplicações clínicas (24,25).

### 3.3.2. RBC

Embora os sistemas CAD-CAM tenham sido desenvolvidos inicialmente para a produção de restaurações cerâmicas, blocos de resina composta pré-polimerizada também foram desenvolvidos para serem utilizados com esses sistemas. Uma das primeiras resinas compostas desenvolvidas como bloco CAD-CAM foi a ParadigmMT (3MMT, St Paul, EUA), que foi considerada uma alternativa de fresagem rápida ao uso de cerâmica. No entanto, problemas comumente relacionados aos sistemas de resina composta ainda precisam de ser superados, como propriedades mecânicas reduzidas e baixa resistência ao desgaste.

Os compósitos de resina CAD/CAM representam um grupo relativamente novo de materiais, verificando-se uma escassez de dados na literatura científica a respeito das suas propriedades mecânicas, sendo a maioria dos dados fornecida pelos fabricantes. As diferenças entre resinas compostas e materiais cerâmicos são amplamente conhecidas e resultam da sua composição e estrutura, que influenciam as suas propriedades mecânicas. Infelizmente, ainda não se encontra disponível qualquer ensaio clínico de longo prazo com blocos de RBC CAD/CAM. Devido à ampla gama de materiais de resina composta para fresagem, uma predição de sucesso clínico do material escolhido, na prática, baseia-se principalmente nas suas propriedades estéticas e menos nas mecânicas, que devem ser semelhantes à estrutura dentária (26).

No que concerne às propriedades mecânicas dos compósitos de resina CAD/CAM, estudos prévios sugerem uma categoria de materiais bastante heterogênea. Tal facto deve-se, sobretudo, a diferentes tipos, dimensões e quantidades de cargas inorgânicas (aproximadamente 60-85% em peso), assim como à matriz orgânica. As disparidades significativas nos RBCs CAD/CAM, tais

como a resistência à flexão (150-330 MPa) e o módulo de elasticidade (10,3-30,0 GPa), podem ter repercussões na *performance* clínica dos mesmos (8). Em comparação com os compósitos restauradores diretos, os compósitos CAD/CAM são polimerizados *in vitro* em condições industriais de elevada pressão e temperatura, o que melhora as suas propriedades mecânicas. Por conseguinte, estes materiais podem ser especialmente recomendados para coroas unitárias, facetas, *onlays* ou próteses parciais fixas anteriores de menor dimensão (27).

### 3.3.3 PICN

A cerâmica apresenta propriedades favoráveis para o uso como material restaurador indireto em medicina dentária, pois é biocompatível e resistente, mas possui algumas desvantagens, nomeadamente a sua elevada rigidez, dureza, e o facto de ser quebradiço. Estas propriedades afetam o seu desempenho clínico, durabilidade e manufatura. O compósito CAD/CAM por sua vez, em comparação com a cerâmica, tem menor dureza e rigidez, o que pode resultar num menor desgaste do esmalte presente na arcada antagonista. O objetivo de qualquer material restaurador dentário é ter características semelhantes às da estrutura dos dentes naturais. Assim, a combinação de cerâmica e resina numa estrutura de rede permite exibir as características positivas de ambos os materiais (9).

As propriedades mecânicas dos PICNs são comparáveis às do esmalte e da dentina humana, não se esperando, portanto, um desgaste excessivo da dentição antagonista devido à menor dureza dos PICNs em comparação com as cerâmicas de revestimento. A possibilidade de fresagem dos PICNs é uma característica relevante para restaurações geradas por CAD/CAM, devido à sua cerâmica parcialmente sinterizada e à fração polimérica interpenetrante. (28).

Este material foi desenvolvido pela Vita (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), com base na tecnologia de cerâmica infiltrada em vidro (In-Ceram System, Vita, Bad Sachingen, Alemanha), lançada originalmente pela Vita na década de 1990. Os PICNs têm a vantagem de apresentarem um módulo de elasticidade aproximadamente 50% menor em relação às cerâmicas feldspáticas e, por conseguinte, mais próximo ao da dentina, são mais fáceis de fresar e ajustar, podendo também ser mais facilmente reparados por resinas compostas. O material é considerado um compósito resina-cerâmica, composto por duas

redes interligadas: uma cerâmica dominante e um polímero. Publicações recentes mostraram que a parte polimérica deste material é composta por polímeros reticulados UDMA e TEGDMA (16).

Os PICNs apresentam propriedades positivas tanto em relação à cerâmica quanto aos compósitos, com um interessante equilíbrio entre elasticidade e resistência, sendo indicados para coroas unitárias, *inlays*, *onlays* e facetas. A parte polimérica tem resistência abaixo de 30 MPa e a rede cerâmica tem resistência em torno de 160 MPa, enquanto o PICN final tem resistência de 135 MPa. Como esperado para um material compósito, as propriedades são intermédias entre as cerâmicas e as resinas com partículas (16).

### **3.4 Aplicações Clínicas dos Materiais à Base de Resina para o Sistema CAD/CAM na Área da Prostodontia**

Uma vez proposta uma classificação possível para os materiais à base de resina para CAD/CAM, nas secções seguintes serão sintetizadas e agrupadas as principais aplicações clínicas destes materiais na área da prostodontia. Para ilustrar a enorme variedade de materiais disponíveis comercialmente nesta área, foi elaborada a Tabela 1.

#### **3.4.1. Base de Prótese total**

Próteses totais ou parciais removíveis produzidas convencionalmente podem causar dor na mucosa e reabsorção óssea, desde que mal concebidas. Chen *et al.* utilizaram técnicas que permitiram melhorar a adaptação das próteses à cavidade oral, proporcionando maior conforto e minimizando os efeitos adversos causados por pressão excessiva. O desenho feito por computador e a manufatura aditiva oferecem a possibilidade de processar bases de resina e dentes de prótese (29).

Os progressos recentes na medicina dentária digital têm vindo a ter um impacto na produção de próteses totais removíveis. Em 1994, surgiu a primeira tentativa de desenvolver um sistema CAD/CAM para fabricar uma prótese dentária total removível. Contudo, foi em 2012 que Goodacre *et al.* marcaram o

lançamento da construção de próteses digitais (23). Para a produção de próteses removíveis, tanto o método subtrativo como o aditivo podem ser utilizados. No processo subtrativo, a base da prótese é esculpida através da fresagem de um bloco de resina pré-polimerizada. Dependendo do sistema utilizado, os dentes pré-fabricados ou fresados são posteriormente fixados à base da prótese (23). Estas tecnologias permitem a criação precisa e personalizada destes componentes, garantindo uma adaptação adequada e uma estética aprimorada nas próteses. Em comparação com o método convencional de moldagem por compressão, a fabricação aditiva resulta em menor volume e contração da resina. Isto significa que as peças produzidas por meio desta técnica apresentam uma maior precisão dimensional e uma menor variação de tamanho durante o processo de fabricação. A base de prótese fabricada por métodos aditivos apresenta melhor adaptação aos tecidos orais do que a fresada, especialmente nas áreas de suporte de pressão na maxila. No entanto, ainda existem desafios para obter uma estrutura de prótese parcial removível bem ajustada por métodos aditivos, com vários fatores afetando as suas propriedades mecânicas. É importante considerar as propriedades dos materiais, o processo de fabricação aditiva e os parâmetros utilizados, pois eles influenciam as propriedades mecânicas dos produtos. A adequação da fabricação pode ser afetada pela precisão da digitalização, pelo programa de controlo numérico e pelo método de transformação dos dados em um modelo 3D (29).

Por outro lado, estudos *in vitro* mostraram que as próteses fresadas por CAD/CAM apresentam uma adaptação precisa, enquanto as impressas em 3D têm menor estabilidade dimensional ao longo do tempo, mas a implicação clínica dessas alterações ainda não foi avaliada. A precisão e a resolução de superfície das bases de prótese também variam dependendo do método de fabricação, sendo a prototipagem rápida o método mais preciso (23).

A impressão 3D de próteses dentárias ainda é um campo em desenvolvimento com desafios a superar. As propriedades mecânicas dos materiais também são importantes, e as próteses fresadas ou processadas convencionalmente são superiores às impressas em 3D em termos de resistência à flexão e ligação com dentes de prótese. A incorporação de nanopartículas de dióxido de titânio pode melhorar as propriedades antibacterianas, mas a quantidade ideal ainda não foi determinada. A orientação

das camadas na impressão 3D afeta a resistência mecânica, com a carga perpendicular à orientação das camadas proporcionando maior resistência. A resistência à fratura dos dentes impressos em 3D é menor do que a dos dentes convencionais, mas a resistência à fadiga por flexão é comparável. Ainda são necessárias mais pesquisas para otimizar a precisão, estabilidade, resistência e propriedades antibacterianas das próteses dentárias impressas em 3D (23).

A alta resistência à flexão do material da base de resina é um fator primordial para a durabilidade das próteses dentárias e para prevenir falhas sob carga. Durante a vida útil da prótese, esta é exposta a ciclos repetidos de forças mastigatórias. Essa ação repetida pode levar a fissuras, fraturas e falhas na prótese, as quais são potenciadas na presença de um encaixe inadequado, desenho impróprio ou entalhes. Nessas situações, a fratura da prótese ocorre após o limite máximo de fadiga por flexão ser ultrapassado. O teste de resistência à flexão é definido como a máxima tensão experimentada por um material no ponto de cedência e é considerado um reflexo coletivo das resistências à tração, cisalhamento e compressão do material. O teste de flexão em três pontos tem sido adotado pela ISO como o teste recomendado para polímeros, com um valor clínico aceitável estabelecido como não inferior a 65 MPa (ISO 1567) (21).

As resinas disponíveis para fabricar as bases de próteses dentárias pelos métodos convencionais são polimerizadas utilizando diversos métodos, incluindo calor, produtos químicos, luz visível e energia de micro-ondas. Embora o processo seja rápido, ele nunca é totalmente completo, e uma percentagem de monómero livre ainda é detetada após a polimerização. Além disso, próteses polimerizadas pelo calor podem conter porosidades devido ao aquecimento descontrolado, mistura inadequada, evaporação de monómero ou pressão insuficiente durante a polimerização. Adicionalmente, as bases podem apresentar fissuras devido à incorporação de água durante a polimerização ou deformações devido a tensões incorporadas. As contrações volumétricas e lineares são inerentes à resina polimerizada pelo calor; portanto, ajustes oclusais são normalmente necessários após a desmuflagem. Da mesma forma, a escultura de um sulco *post-dam* no modelo é indicada para compensar a contração que ocorre após a polimerização e que pode causar desajuste da secção palatina da prótese (21). A tecnologia CAD/CAM colmata parte dos

problemas dos métodos convencionais, uma vez que a produção de blocos de CAD/CAM resulta em cadeias poliméricas mais longas, aumentando a conversão e reduzindo os monómeros residuais, melhorando a resistência à fratura, porosidade e defeitos, além de aumentar a resistência do material. Os blocos de PMMA para CMD/CAM são fabricados em ambiente controlado, com alta densidade e baixa contração, porosidade e monómeros livres. O processo de fresagem utiliza blocos pré-polimerizadas para evitar erros de processamento. A literatura destaca os benefícios das bases de prótese fresadas, como as suas propriedades mecânicas e biológicas, e excelentes características de superfície (21).

#### **3.4.2. Restaurações provisórias**

Há poucas dúvidas de que a impressão 3D tem um grande potencial no campo da medicina dentária clínica. Indiscutivelmente, um dos procedimentos que mais podem beneficiar dos recentes desenvolvimentos nas tecnologias de impressão 3D é a fabricação de coroas e pontes provisórias (13).

Contrariamente à impressão 3D de estruturas de arco completo complexas e de grande escala, como aparelhos ortodônticos, guias cirúrgicas e modelos dentários, a impressão 3D de coroas unitárias pode ser feita em apenas 10 a 20 minutos. Portanto, não é difícil imaginar uma situação clínica em que o médico dentista possa preparar um dente, digitalizá-lo, enviá-lo para uma impressora 3D *chair-side* e prosseguir com outros procedimentos no mesmo paciente enquanto a coroa está a ser impressa. A parte impressa seria facilmente separada dos suportes e imediatamente cimentada. Isto pode, potencialmente, aumentar a produtividade na clínica e facilitar a realização de restaurações provisórias. A tecnologia para viabilizar esses procedimentos já está disponível no mercado; porém, atualmente, ainda faltam informações sobre o desempenho tanto dos materiais dentários compatíveis com impressão 3D quanto das impressoras 3D (13).

As próteses dentárias fixas temporárias fabricadas em PMMA possuem propriedades estéticas favoráveis devido ao seu índice de refração e podem ser facilmente personalizadas, além de terem uma menor tendência à descoloração em comparação com os RBCs para CAD/CAM. Diversos estudos têm mostrado

que os materiais à base de resina tendem a sofrer alterações de cor com o passar do tempo. Em relação a este aspeto, o Bis-GMA apresenta menor estabilidade de cor do que o UDMA, devido à sua maior absorção de água e propriedades de solubilidade (15).

Um desempenho clínico favorável de um material provisório não depende apenas das suas propriedades mecânicas, mas também das suas interações com os tecidos circundantes. Por conseguinte, fatores como adaptação marginal, estabilidade da cor e desgaste superficial devem ser analisados em futuras investigações. (15).

### **3.4.3. Próteses Parciais Fixas**

Devido à complexidade das estruturas anatómicas na cavidade oral, as próteses produzidas através dos métodos convencionais de impressão e técnicas de restauração ainda apresentam algumas limitações. Acredita-se que a tecnologia de impressão digital combinada com a tecnologia de manufatura aditiva possa melhorar a precisão das restaurações fixas. A manufatura aditiva pode ser amplamente utilizada para a fabricação de coroas internas personalizadas em metal, coroas completas, coroas temporárias e pontes fixas. Uma boa adaptação é essencial para garantir a estabilidade mecânica e a saúde dos tecidos moles circundantes. A adaptação das coroas de metal impressas em 3D ao dente preparado é significativamente superior à das coroas de metal fundido tradicionais. Alharbi *et al.* constataram que os *gaps* marginais e internos das restaurações temporárias impressas em 3D eram menores do que as das restaurações fresadas. Através da otimização dos parâmetros de impressão, como a intensidade da luz laser e a orientação de impressão para cada material individual, a precisão das coroas dentárias produzidas por impressão 3D pode ser consideravelmente melhorada. Em resumo, a aplicação da manufatura aditiva em próteses fixas simplifica significativamente o processo e melhora a precisão e a utilização de materiais. Atualmente, a empresa alemã BEGO já desenvolveu a impressora 3D compacta DLP para fabricar coroas unitárias permanentes, pontes, *inlays*, *onlays* e facetas disponíveis comercialmente (29).

O sucesso no prognóstico de uma coroa de resina composta CAD/CAM depende não apenas das excelentes propriedades físico-mecânicas do material

e da sua aplicação correta, mas também do desempenho clínico preciso em cada etapa do procedimento, incluindo a seleção adequada do caso, a preparação do dente de suporte, a união e o ajuste oclusal (30).

#### **3.4.4. Moldeiras individuais**

A precisão da impressão funcional é crucial para o sucesso da reabilitação de pacientes desdentados com próteses totais. As tecnologias digitais, como o CAD e a manufatura aditiva, oferecem a oportunidade de simplificar o processo de fabricação de moldeiras individuais. A modelagem de deposição fundida (FDM) é uma tecnologia de impressão 3D amplamente utilizada, que oferece vantagens de produção rápida, baixos custos e precisão aceitável. A aderência entre as moldeiras individuais fabricadas por FDM e os sistemas de impressão/adesivos é de extrema importância, pois qualquer desprendimento da impressão pode comprometer o resultado da prótese. Diversos fatores, como materiais das moldeiras individuais e tratamentos de superfície, influenciam a resistência de adesão nesse processo (31).

#### **3.4.5. Goteiras oclusais**

Na área da medicina dentária, as goteiras oclusais são utilizadas para uma variedade de tratamentos. Podem ser empregues para aliviar os sintomas de disfunções temporomandibulares ou para proteger os dentes de forças oclusais excessivas resultantes de hábitos parafuncionais como o bruxismo. Adicionalmente, podem ser utilizadas para testar novas situações oclusais em pacientes que estão a ser submetidos a reabilitação oral completa. Existem diferentes procedimentos para a fabricação destas goteiras e com a introdução da tecnologia CAD/CAM na medicina dentária, tornou-se viável adotar uma abordagem digital para a fabricação desses dispositivos (14). A goteira pode ser fresada a partir de um bloco pré-fabricado ou produzida de forma aditiva. O uso da impressão 3D para a fabricação das goteiras foi descrito pela primeira vez em 2013. Para esse propósito, são utilizados principalmente os métodos de estereolitografia (SLA) ou processamento digital de luz (DLP). Estes métodos processam resina líquida que é polimerizada de forma pontual através de um

único ponto de laser (SLA) ou polimerizada numa área maior utilizando um feixe de luz (DLP). Uma vez que o objeto é fabricado camada por camada, apresenta propriedades anisotrópicas, o que significa que a posição do objeto em relação à plataforma da impressora durante a fabricação afeta as suas propriedades (14).

### **3.4.6. Guias cirúrgicas**

A colocação de implantes com guias cirúrgicas CAD/CAM é um procedimento altamente sensível à técnica. É necessário executar diligentemente todas as etapas, desde o planeamento virtual até ao procedimento cirúrgico real, uma vez que envolve uma série de etapas de diagnóstico e terapêuticas. Geralmente, o fluxo de trabalho da cirurgia guiada por computador inclui sete etapas sequenciais: diagnóstico clínico, configuração diagnóstica do dente (prótese provisória), fabricação da guia radiográfica, digitalização com tomografia CBCT, diagnóstico 3D e planeamento do tratamento, produção da guia cirúrgica e procedimento cirúrgico. A quantidade total de imprecisão de posicionamento é determinada pela soma dos erros que ocorrem durante estas etapas (32).

Embora a colocação de implantes utilizando guias cirúrgicas CAD/CAM se tenha popularizado recentemente, tem sido sugerido que não existe uma precisão perfeita na situação clínica. Numa revisão realizada por autor Gokce-Soganci Unsal *et al.*, sugere-se que os profissionais devem estar cientes de desvios angulares e lineares de até 5° e 2,3 mm, respetivamente. Portanto, é essencial enfatizar que médicos dentistas em início de carreira devem obter um treino abrangente e supervisão adequada antes de realizar a colocação de implantes com guias cirúrgicas CAD/CAM para evitar complicações graves. Por fim, os profissionais devem estabelecer uma margem de segurança entre os implantes e estruturas anatómicas críticas, como o nervo alveolar inferior, ao seleccionar a localização e o comprimento dos implantes (32).

**Tabela 1** - Tabela resumo dos materiais à base de resina disponíveis comercialmente com aplicações em Prosthodontia

		MARCAS COMERCIAIS			
		DENTONA	NextDent	ASIGA	ARGEM CANADA
APLICAÇÕES CLÍNICAS	BASE PROTESE TOTAL	<i>optiprint laviva</i>	<i>NextDent BASE e Denture 3D+</i>	<i>DentaBASE</i>	
	PROVISÓRIO	<i>optiprint 385 temp</i>	<i>NextDent TryIn</i>	<i>DentaTRY</i>	
	GUIAS CIRURGICAS	<i>optiprint guide</i>	<i>NextDent Surgical-Guide</i>	<i>DentaGUIDE</i>	<i>Argen GUIDE</i>
	MODELOS	<i>optiprint model grey</i>	<i>NextDent Model 2.0</i>	<i>DentaMODEL e DentaForm</i>	<i>Argen MODEL Beige</i>
	GENGIVA	<i>optiprint gengiva 385</i>	<i>NextDent gengiva</i>	<i>DentaGUM</i>	
	GOTEIRAS OCLUSAIS	<i>optiprint clara</i>			<i>Argen FLEX</i>
	DENTES DE PRÓTESE	<i>optiprint lumina</i>	<i>CROWNTEC</i>	<i>DentaTOOTH</i>	
	MOLDEIRA DE IMPRESSÃO	<i>Optiprint Tray</i>	<i>NextDent Tray Blue</i>	<i>DentaTRAY</i>	<i>Argen TRAY</i>
	COROAS E PONTES		<i>NextDent CROWNTEC e C&amp;BMFH</i>		
	ONLAYe INLAY		<i>CROWNTEC</i>		
	FACETAS		<i>CROWNTEC</i>		
MODELO DE FUNDIÇÃO	<i>optiprint cast</i>	<i>NextDent Cast</i>	<i>DentaCAST</i>		

		MARCAS COMERCIAIS			
		SAREMCO	SCHEU	VOCO	SHERA
APLICAÇÕES CLÍNICAS	BASE PROTESE TOTAL	<i>saremco print DENTU</i>	<i>Imprimo LC Denture</i>	<i>V-Print dentbase</i>	
	PROVISÓRIO		<i>Imprimo LC Temp It</i>	<i>V-Print c&amp;b temp</i>	
	GUIAS CIRURGICAS			<i>V-Print SG</i>	
	MODELOS		<i>Imprimo LC Model</i>	<i>V-Print model 2.0</i>	<i>SHERAprint-model aesthetic red</i>
	GENGIVA		<i>Imprimo LC Gingiva</i>		<i>SHERAprint-gingiva</i>
	GOTEIRAS OCLUSAIS		<i>Imprimo LC Splint</i>	<i>V-Print splint Comfort</i>	
	DENTES DE PRÓTESE	<i>saremco print CROWNTEC</i>			
	MOLDEIRA DE IMPRESSÃO		<i>Imprimo LC Impression</i>	<i>V-Print tray</i>	
	COROAS E PONTES	<i>saremco print CROWNTEC</i>			
	ONLAYe INLAY	<i>saremco print CROWNTEC</i>			
	FACETAS	<i>saremco print CROWNTEC</i>			
MODELO DE FUNDIÇÃO		<i>Imprimo LC Cast</i>	<i>VOCO V-Print cast</i>	<i>SHERAprint cast&amp;press</i>	

**Tabela 1** - Tabela resumo dos materiais à base de resina disponíveis comercialmente com aplicações em Prosthodontia (cont.)

		MARCAS COMERCIAIS			
		BEGO	BencoDental	DETAX	Dreve
APLICAÇÕES CLÍNICAS	BASE PROTESE TOTAL			Freeprint denture 385	FotoDent denture
	PROVISÓRIO	VarseoSmile Temp		Freeprint temp	
	GUIAS CIRURGICAS		Benco Dental Guide		FotoDent guide
	MODELOS		Benco Dental Model	Freeprint model	FotoDent model
	GENGIVA	VarseoWax Model		Freeprint gingiva 385	FotoDent gingiva
	GOTEIRAS OCLUSAIS	BEGO PMMA Splint	Benco Dental Splint	Freeprint splint	
	DENTES DE PRÓTESE				
	MOLDEIRA DE IMPRESSÃO			Freeprint tray	FotoDent tray
	COROAS E PONTES	VarseoSmile Crown plus		Freeprint crown	
	ONLAYe INLAY	VarseoSmile Crown plus			
	FACETAS	VarseoSmile Crown plus			
MODELO DE FUNDIÇÃO			Freeprint cast 2.0		

		MARCAS COMERCIAIS			
		KeyPrint	KULZER	merz DENTAL	Pac-Dent
APLICAÇÕES CLÍNICAS	BASE PROTESE TOTAL	KeyDenture	dima Print Digital Denture		Rodin Denture Base
	PROVISÓRIO		dima Print C&B temp		Rodin TRY-IN
	GUIAS CIRURGICAS	KeyGuide	dima Print Guide & Tray	M-PRINT Surgical guide	Rodin Surgical Guide
	MODELOS	KeyModel	dima Print Stone be	M-PRINT Model	Rodin Model
	GENGIVA		dima Print Gingiva Mask		
	GOTEIRAS OCLUSAIS	KeySplint		M-PRINT Splint	Rodin Splint
	DENTES DE PRÓTESE				
	MOLDEIRA DE IMPRESSÃO	KeyTray	dima Print Guide & Tray	M-PRINT Tray	Rodin Bite Tray
	COROAS E PONTES				Rodin Sculpture
	ONLAYe INLAY				
	FACETAS				
MODELO DE FUNDIÇÃO				Rodin Castable	

## **4. Conclusão**

A tecnologia CAD/CAM desempenha um papel crucial na medicina dentária contemporânea, proporcionando uma abordagem avançada e precisa no diagnóstico, planeamento e produção de diversos tratamentos dentários.

Os materiais à base de resina para o sistema CAD/CAM oferecem diversas vantagens, como a capacidade de produzir restaurações altamente estéticas e precisas, além de permitirem um processo de fabricação mais eficiente e rápido. As propriedades mecânicas desses materiais, como a resistência à fratura e à flexão, mostraram-se adequadas para suportar as exigências funcionais da cavidade oral. Existem várias marcas comerciais que fabricam estes materiais para as diversas aplicações em Prostodontia. A otimização da impressora e da resina são necessárias para garantir a produção de peças impressas adequadas e precisas. Caso não estejam otimizadas, tal pode afetar negativamente a precisão e a qualidade final das mesmas. A produção de restaurações e dispositivos protéticos a partir da manufatura subtrativa têm um histórico mais longo de evidências clínicas em comparação com os produzidos pela manufatura aditiva, razão pela qual os materiais para impressão 3D ainda careçam de estudos clínicos a médio/longo prazo.

Comum a todas as áreas de medicina dentária, é importante ressaltar que a escolha do material deve levar em consideração as necessidades protéticas e preferências do paciente, bem como as características específicas de cada caso clínico.

Em suma, os materiais à base de resina para os sistemas CAD/CAM apresentam um potencial promissor na área de Prostodontia, oferecendo soluções estéticas e funcionais para os pacientes. No entanto, são necessárias mais pesquisas e estudos clínicos para aprofundar o nosso conhecimento sobre estes materiais e garantir sua utilização segura e eficaz na prática da medicina dentária.

## 5. Referências bibliográficas

1. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: A review of the available streams. *Int J Dent.* 2014;2014.
2. Tavares CC, Freire JCP, Freire SCP, Dias-Ribeiro E, Batista AUD. Aplicabilidade dos sistemas CAD/CAM em Prótese Total: revisão de literatura. *Arch Heal Investig.* 2019 Mar 11;7(11).
3. Tekçe N, Fidan S, Tuncer S, Kara D, Demirci M. The effect of glazing and aging on the surface properties of CAD/CAM resin blocks. *J Adv Prosthodont.* 2018 Feb 1;10(1):50–7.
4. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. Vol. 93, *Journal of Dental Research.* SAGE Publications Inc.; 2014. p. 1232–4.
5. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar 1;32(2):171–81.
6. Han W, Li Y, Zhang Y, Lv Y, Zhang Y, Hu P, et al. Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. *Med (United States).* 2017;96(1).
7. Al-Qarni FD, Gad MM. Printing Accuracy and Flexural Properties of Different 3D-Printed Denture Base Resins. *Materials (Basel).* 2022 Apr 1;15(7).
8. Rosentritt M, Hahnel S, Schneider-Feyrer S, Strasser T, Schmid A. Martens Hardness of CAD/CAM Resin-Based Composites. *Appl Sci.* 2022 Aug 1;12(15).
9. Alamoush RA, Silikas N, Salim NA, Al-Nasrawi S, Satterthwaite JD. Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties. *Biomed Res Int.* 2018;2018.
10. Legaz J, Sailer I, Mojon P, Lee H, Karasan D. Mechanical Properties of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses. *J Prosthodont.* 2023 Mar 1;32(3):234–43.
11. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. *Materials (Basel).* 2020 Sep 1;13(18).
12. Guo N, Leu MC. Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. Vol. 8, *Frontiers of Mechanical Engineering.* 2013. p. 215–43.
13. Tahayeri, Anthony MM, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, Ferracane JL, et al. 3D Printed versus Conventionally cured Provisional Crown and Bridge Dental Materials. *Dent Mater.* 2018;34(2):192–200.
14. Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig.* 2020;24(12):4607–15.
15. Hensel F, Koenig A, Doerfler HM, Fuchs F, Rosentritt M, Hahnel S. CAD/CAM resin-based composites for use in long-term temporary fixed dental prostheses. *Polymers (Basel).* 2021 Oct 2;13(20).
16. Silva, Lucas Hian; LIMA, Erick de; Miranda, Ranulfo, Benedito de Paula; FAVERO, Stéphanie Soares; LOHBAUER, Ulrich; CESAR PF. Critical review Dental Materials/Dentistry Dental ceramics: a review of new

- materials and processing methods. *Braz oral Rest* [Internet]. 2017;31:133–46. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0058>
17. Baba NZ. Materials and Processes for CAD/CAM Complete Denture Fabrication. *Curr Oral Heal Reports* [Internet]. 2016;3(3):203–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40496-016-0101-3>
  18. Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *J Prosthodont.* 2019 Feb 1;28(2):e491–5.
  19. Zafar MS. Prosthodontic applications of polymethyl methacrylate (PMMA): An update. *Polymers (Basel)*. 2020;12(10):1–35.
  20. Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *J Prosthodont.* 2019;28(2):e491–5.
  21. Abualsaud R, Gad MM. Flexural strength of CAD/CAM denture base materials: Systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2022;12(2):160–70.
  22. De Angelis F, Vadini M, Buonvivere M, Valerio A, Di Cosola M, Piattelli A, et al. In Vitro Mechanical Properties of a Novel Graphene-Reinforced PMMA-Based Dental Restorative Material. *Polymers (Basel)*. 2023;15(3).
  23. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. *BMC Oral Health* [Internet]. 2020;20(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01328-8>
  24. Papageorgiou DG, Kinloch IA, Young RJ. Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites. *Prog Mater Sci* [Internet]. 2017;90:75–127. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.07.004>
  25. Kaur H, Thakur A. Applications of poly(methyl methacrylate) polymer in dentistry: A review. *Mater Today Proc* [Internet]. 2021;50:1619–25. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.125>
  26. Grzebieluch W, Mikulewicz M, Kaczmarek U. Resin Composite Materials for Chairside CAD/CAM Restorations: A Comparison of Selected Mechanical Properties. *J Healthc Eng.* 2021;2021.
  27. Rosentritt M, Schneider-Feyrer S, Strasser T, Koenig A, Schmohl L, Schmid A. Thermoanalytical investigations on the influence of storage time in water of resin-based cad/cam materials. *Biomedicines.* 2021;9(12):1–14.
  28. Coldea A, Swain M V., Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater* [Internet]. 2013;29(4):419–26. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.002>
  29. Huang G, Wu L, Hu J, Zhou X, He F, Wan L, et al. Main Applications and Recent Research Progresses of Additive Manufacturing in Dentistry. *Biomed Res Int.* 2022;2022.
  30. Miura S, Fujisawa M. Current status and perspective of CAD/CAM-produced resin composite crowns: a review of clinical effectiveness. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2020;56(1):184–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.10.002>
  31. Xu Y, Unkovskiy A, Klaue F, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Spintzyk S. Compatibility of a silicone impression/adhesive system to FDM-printed tray materials—a laboratory peel-off study. *Materials (Basel)*. 2018;11(10).
  32. Unsal GS, Turkyilmaz I, Lakhia S. Advantages and limitations of implant

surgery with CAD/CAM surgical guides: A literature review. J Clin Exp Dent.  
2020;12(4):e409–17.

## 6. Anexos

## DECLARAÇÃO

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia/Relatório de Estágio, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

Porto, 03/07/2023

A horizontal line is drawn across the page, and the signature "Nely Aorta" is written in cursive above it.

**DECLARAÇÃO**  
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

**Monografia/Relatório de Estágio**

**Identificação do autor**

Nome completo Melany da Veiga de Horta  
N.º de identificação civil 33160253 N.º de estudante up201808595  
Email institucional up201808595@edu.fmd.up.pt  
Email alternativo melanyhorta34@gmail.com T1/T2m 936310092  
Faculdade/Instituto Faculdade de medicina dentária da universidade do Porto

**Identificação da publicação**

Dissertação de Mestrado Integrado (Monografia)

Relatório de Estágio

**Título completo**

Materiais para CAD/CAM à base de resina – aplicações clínicas em Prostodontia

Orientador Susana João Cunha de Oliveira

Coorientador Paulo Jorge Rocha Almeida

Palavras-chave CAD/CAM ; Prostodontia; Materiais à base de resina; Aplicações clínicas;Manufatura aditiva

Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto: X (x)

Não Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto : \_\_\_\_\_ (x)

Autorizo a disponibilização do texto integral no Repositório da U.Porto, com período de embargo, no prazo de:

6 Meses: \_\_\_\_\_; 12 Meses: \_\_\_\_\_; 18 Meses: \_\_\_\_\_; 24 Meses: \_\_\_\_\_; 36 Meses: \_\_\_\_\_; 120 Meses: \_\_\_\_\_.

Justificação para a não autorização imediata \_\_\_\_\_

Data 03 / 07 / 2023

Assinatura \_\_\_\_\_

*Melany Horta*

### **Anexo III – Parecer da Orientadora**

Informo que o trabalho de Monografia/ Relatório de Estágio desenvolvido pela estudante Melany da Veiga de Horta, com o título: “Materiais para CAD/CAM à base de resina – aplicações clínicas em Prostodontia” / “Resin-based materials for CAD/CAM – clinical applications in Prosthodontics”, está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 03 de julho de 2023.

Assinado por: **SUSANA JOÃO CUNHA DE OLIVEIRA**  
Num. de Identificação: 11894707  
Data: 2023.07.03 22:22:55+01'00'

---

Susana João Cunha de Oliveira

Professora Auxiliar Convidada da Faculdade de Medicina Dentária da  
Universidade do Porto

## **Anexo IV – Parecer do Coorientador**

Informo que o trabalho de Monografia/ Relatório de Estágio desenvolvido pela estudante Melany da Veiga de Horta, com o título: “Materiais para CAD/CAM à base de resina – aplicações clínicas em Prostodontia” / “Resin based materials for CAD/CAM – clinical applications in Prosthodontics”, está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 03 de julho de 2023.

Assinado por: **PAULO JORGE DA ROCHA ALMEIDA**  
Num. de Identificação: 10121741  
Data: 2023.07.03 15:49:06+01'00'



---

Paulo Jorge Rocha Almeida

Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Medicina Dentária da  
Universidade do Porto