

ODONTOLOGIA DIGITAL: IMPRESSORAS 3D E BIOCAMPATIBILIDADE

David Pereira Avila¹
Breno Churfên Peixoto²
Raquel Auxiliadora Borges³
Martinelle Ferreira da Rocha Taranto⁴

RESUMO: A impressão 3D tem revolucionado a odontologia, especialmente ao permitir tratamentos personalizados e um planejamento cirúrgico mais preciso. Desde a década de 1990, essa tecnologia possibilita a criação de próteses dentárias com maior exatidão, aproveitando biomateriais como a zircônia. A metodologia utilizada foi uma revisão narrativa de estudos publicados entre 2015 e 2024, foram estabelecidos critérios de inclusão para analisar as fontes. A pesquisa objetiva identificar os materiais mais adequados para impressão 3D em odontologia, além de abordar os desafios para a implementação prática em consultórios e hospitais. A discussão revela as propriedades de cada biomaterial: a zircônia destaca-se pela resistência, mas possui baixa translucidez; a cerâmica é esteticamente vantajosa, porém frágil; o PMMA oferece precisão, embora desgaste com facilidade; já as resinas flexíveis, usadas temporariamente, deformam-se sob carga prolongada. O estudo conclui que uma seleção criteriosa dos materiais, conforme as exigências de cada tratamento, é essencial para melhorar a eficácia e o conforto dos procedimentos odontológicos.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Impressão 3D odontológica. 2. Biomateriais e biocompatibilidade. 3. CAD/CAM na odontologia

ABSTRACT: 3D printing has revolutionized dentistry, particularly by enabling personalized treatments and more precise surgical planning. Since the 1990s, this technology has facilitated the creation of highly accurate dental prostheses, using biomaterials such as zirconia. This study examines the most common materials in 3D dental printing — including zirconia, ceramics, PMMA, and flexible resins — assessing their applications, limitations, and clinical efficacy. The methodology involved a narrative review of studies published between 2015 and 2024, with defined inclusion criteria guiding the analysis. The research aims to identify the most suitable materials for 3D printing in dentistry, while addressing the practical challenges of implementation in clinics and hospitals. The discussion highlights the properties of each biomaterial: zirconia stands out for its durability but lacks translucency; ceramics offer aesthetic appeal but are structurally fragile; PMMA provides precision, though it wears quickly; and flexible resins, used temporarily, deform under prolonged load. The study concludes that careful material selection, according to the demands of each treatment, is essential for enhancing the efficacy and comfort of dental procedures.

Keywords: 1. 3D dental printing. 2. Biomaterials and biocompatibility. 3. CAD/CAM in dentistry

1 INTRODUÇÃO

A impressão 3D, uma tecnologia em constante desenvolvimento, também tem gerado significativos avanços na odontologia. Este recurso técnico permite a personalização de tratamentos e a elaboração de planejamentos cirúrgicos detalhados, o que torna o atendimento odontológico mais preciso e adaptado às necessidades individuais dos pacientes. Conforme o site Wolf Dental Solutions (2024), o uso de impressoras 3D na odontologia iniciou-se no final da década de 1990, possibilitando a criação de itens completamente

¹ Graduando em Odontologia – Faculdade de Odontologia, Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (Uniptan), São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

² Cirurgião-dentista, Mestre em Estomatologia e Doutor em Biopatologia Bucal – Faculdade de Odontologia, Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (Uniptan), São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

³ Pedagoga, Mestre em Educação – Faculdade de Odontologia, Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (Uniptan), São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Bióloga, Mestre em Biotecnologia – Faculdade de Odontologia, Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (Uniptan), São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. E-mail: martinelle.taranto@uniptan.edu.br

personalizados, que facilitam desde o planejamento de intervenções complexas até a produção de próteses dentárias de alta precisão (Acta Scientific, 2019).

Com o auxílio dessa tecnologia, biomateriais avançados, como a zircônia multicamadas, caracterizada por sua alta biocompatibilidade e resistência, podem ser utilizados em restaurações personalizadas e duradouras (Schabbach *et al.*, 2023). Técnicas de tratamento de superfície, como o jateamento, aumentam a adesão e a durabilidade das peças 3D, tornando-as soluções mais seguras e eficazes para os pacientes (Galante *et al.*, 2023). Apesar dos benefícios, a adoção em larga escala na odontologia clínica e hospitalar enfrenta desafios como custos elevados e infraestrutura limitada (Opdam *et al.*, 2023).

Diante dos avanços e desafios mencionados, surge a questão sobre a eficácia da impressão 3D nos contextos clínicos e hospitalares, especialmente em procedimentos que demandam alta precisão e personalização. Este problema de pesquisa busca explorar os fatores que influenciam a implementação dessa tecnologia na odontologia, considerando tanto os benefícios quanto as barreiras ainda presentes.

A partir do problema de pesquisa, duas hipóteses são propostas: a primeira aponta para a necessidade de investimento em infraestrutura e profissionalização dos profissionais para a adoção plena da impressão 3D. Alternativamente, uma segunda hipótese sugere que a melhor seleção de biomateriais pode otimizar os resultados clínicos, mesmo com as atuais limitações estruturais.

Este trabalho tem como objetivo principal destacar a importância da atualização do contexto clínico em relação à tecnologia de impressão 3D. Busca-se explorar as características dos principais biomateriais utilizados e avaliar os fatores que limitam suas aplicações clínicas.

A relevância deste estudo reside no potencial da impressão 3D em aprimorar a aplicação clínica, com foco na precisão e na personalização dos tratamentos odontológicos. O estudo visa contribuir para uma melhor qualidade no atendimento ao paciente, promovendo conforto e bem-estar.

Para a realização do estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com levantamento de artigos publicados entre 2015 e 2023. As fontes foram obtidas em bases de dados como PubMed, SciELO, MDPI, IOPscience, IOSPress e ScienceDirect, utilizando descritores específicos relacionados à impressão 3D e biomateriais odontológicos.

Este trabalho está estruturado em capítulos que abordam os principais aspectos do tema: a introdução, que apresenta o contexto da impressão 3D e dos biomateriais; a metodologia, que descreve a abordagem de pesquisa e a revisão dos artigos; a discussão, que analisa as características, aplicabilidades e limitações de cada material; e os resultados, que discutem a usabilidade prática de cada biomaterial no ambiente clínico odontológico.

2 METODOLOGIA

A pesquisa é uma revisão narrativa com abordagem qualitativa, que consiste em uma análise interpretativa e descritiva da literatura existente sobre o tema, sem seguir um processo rígido como nas revisões sistemáticas, e sua confecção se baseou nas etapas descritas por Mendes et al. (2008), que incluem a definição do tema, a busca de fontes relevantes, a seleção dos estudos, a análise e a síntese dos resultados, e a apresentação das conclusões.

A pergunta norteadora da pesquisa é: "Qual é a aplicação dos biomateriais e da impressão 3D na prática clínica?" O levantamento bibliográfico foi realizado com artigos publicados entre 2015 e 2024, utilizando bases de dados como SCIELO, PubMed, entre outras.

A busca pelos artigos foi realizada utilizando descritores combinados e/ou isolados, nas línguas portuguesa e inglesa, incluindo os seguintes termos: "3D Printing in Dentistry," "Dental Biomaterials," "Biocompatibility in Dentistry," "CAD/CAM Dental Materials" e "Digital Dentistry." O levantamento bibliográfico abrangeu o período de janeiro de 2023 a setembro de 2024. Os critérios de inclusão contemplaram artigos em português e inglês, publicados entre 2015 e 2024, que abordaram a temática em questão. Foram excluídos artigos publicados antes de 2015 e aqueles em idiomas não selecionados. Após a leitura exploratória, procedeu-se à leitura completa de todos os artigos relevantes, seguido de uma análise detalhada das seções pertinentes à elaboração do estudo. As informações extraídas serão analisadas de forma criteriosa.

O objetivo geral deste estudo é analisar os principais materiais utilizados na odontologia que podem ser impressos por meio da tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling), com foco nos biomateriais aplicáveis a essa área. Para atingir esse objetivo, buscase, primeiramente, identificar e descrever a aplicabilidade da impressão 3D na odontologia, destacando os biomateriais empregados nesse processo, suas características, benefícios e limitações. Além disso, o estudo visa comparar a aplicabilidade desses biomateriais em diferentes áreas da odontologia, como restaurações, próteses e tratamentos personalizados, considerando suas especificidades e vantagens em cada contexto. A pesquisa também analisará as barreiras que limitam a implementação da impressão 3D na odontologia, tanto no ambiente clínico quanto hospitalar, abordando aspectos como os altos custos, a infraestrutura limitada e a necessidade de capacitação profissional dos dentistas. Por fim, serão sugeridas estratégias para promover o avanço na adoção da impressão 3D e dos biomateriais em ambientes odontológicos, levando em conta as necessidades específicas da prática clínica e o

impacto potencial na melhoria do atendimento ao paciente.

3 RESULTADOS

Rexhepi *et al.* (2023) compara em seu estudo duas resinas utilizadas em CAD/CAM para moldes de impressão indireta na odontologia, comparando a relação entre as propriedades mecânicas, precisão e a durabilidade. As resinas rígidas se destacaram em estabilidade dimensional e resistência a deformações, garantindo um ajuste preciso e consistente ao longo do tempo. Tal precisão é essencial para próteses e guias cirúrgicos que requerem adaptação estrutural precisa, é crucial para a eficácia e conforto do paciente.

Por outro lado, as resinas flexíveis, embora ofereçam um processo de aplicação mais confortável e adaptável, apresentam uma maior suscetibilidade a pequenas distorções durante a fabricação e ao longo do uso, especialmente em condições de alta tensão mecânica e tem um princípio de manufatura complexo se comparado a outros materiais. A flexibilidade dessas resinas pode ser benéfica para moldes temporários ou em casos onde é necessário maior conforto inicial. Contudo, essa mesma propriedade pode comprometer a precisão da adaptação ao longo do tempo, exigindo ajustes posteriores mais frequentes em comparação com as resinas duras.

A pesquisa indica que a escolha do material deve considerar tanto o tipo de procedimento quanto a durabilidade esperada da restauração. Em dispositivos destinados ao uso prolongado e sob pressão constante, como implantes e próteses fixas, as resinas duras são recomendadas devido à sua resistência à deformação e capacidade de manter a precisão da estrutura. Já as resinas flexíveis, apesar de menos duráveis, podem ser apropriadas para dispositivos temporários ou quando o conforto inicial é prioritário. Essa comparação destaca a importância de uma análise criteriosa na seleção de materiais para sistemas CAD/CAM, de forma a maximizar a eficácia e o conforto no tratamento odontológico hospitalar.

3.1 Características dos biomateriais

Biomateriais tem variadas aplicações clínicas assim como a: zircônia, cerâmica e diferentes tipos de resinas para impressão 3D. Schabbach *et al.* (2023) citaram a zircônia nanoestruturada por sua resistência e biocompatibilidade, características imprescindíveis para implantes e próteses que requerem durabilidade e segurança a longo prazo. O jateamento das peças foi promissor, melhorando vários aspectos. Da mesma forma, Galante *et al.* (2023) também descrevem a cerâmica um material com boa resistência e destacaram suas

propriedades óticas e acabamento refinado que proporciona um bom uso em casos mais anteriores.

Já a pesquisa de Rexhepi *et al.* (2023) compara a resina acrílica rígida PMMA (polimetilmetacrilato) com resinas flexíveis à base de poliuretano para moldes de impressão CAD/CAM, evidenciando suas propriedades específicas. O PMMA tem estabilidade dimensional superior, sendo recomendado para dispositivos que exigem precisão, como guias cirúrgicos e próteses permanentes. Porém, as resinas de poliuretano, apesar de menos resistentes a longo prazo, proporcionam conforto inicial e são indicadas para aplicações temporárias. Além disso, Dawood *et al.* (2015) destacam o papel da impressão 3D na criação de dispositivos personalizados, ajustados às necessidades anatômicas dos pacientes.

3.2 Limitações da Zircônia Monolítica em Restaurações Odontológicas

Aljehani *et al.* (2023) discutem tanto as vantagens quanto as limitações das restaurações em zircônia monolítica, abordando aspectos importantes para a prática clínica. Embora a zircônia monolítica ofereça alta resistência e seja amplamente utilizada, apresenta limitações em relação à translucidez e resistência ao desgaste. As melhorias na transparência desse material possibilitam uma estética mais natural, mas podem comprometer a resistência mecânica do mesmo, tornando-o menos indicado para utilização em áreas de alta carga oclusal. Além disso, a zircônia pode provocar desgaste no esmalte dos dentes antagonistas a sua utilização além de sua suscetibilidade a falha quando exposta a baixas temperaturas.

3.3 Limitações da cerâmica em Restaurações Odontológicas

Apesar das vantagens estéticas e uma alta resistência mecânica ela tem sua aplicação na impressão 3D para odontologia com algumas limitações importantes. De acordo com Galante *et al.* (2023), a cerâmica tem sua estrutura frágil, especialmente quando provada a tensões contínuas em situações de alta carga oclusal. O processo de impressão exige uma sinterização posterior longa e complexa para consolidar as peças, tornando-a cara e demorada. Essa etapa adicional a qual é responsável pela confiabilidade do material, limita a eficiência do uso de cerâmicas em tratamentos que exigem rapidez na confecção dos dispositivos. Outra limitação é a dificuldade em obter precisão dimensional em estruturas complexas, o que pode resultar em ajustes clínicos adicionais para realizar um encaixe adequado nos pacientes (Galante *et al.*, 2023). Essas restrições fazem com que o uso da cerâmica em impressão 3D seja menos indicado para algumas aplicações odontológicas que

demandam agilidade e resistência a impactos, apesar de suas excelentes propriedades estéticas.

3.4 Limitações da Resina Acrílica Rígida (PMMA - Polimetilmetacrilato) na Impressão 3D e Suas Aplicações na Odontologia

Apesar de seu amplo uso odontologia, a resina acrílica rígida (PMMA) apresenta limitações consideráveis em aplicações de impressão 3D. apesar de ser conhecida devido a estabilidade dimensional e precisão, a resina acrílica rígida possui fragilidade ao impacto e à abrasão, o que interfere na sua durabilidade em próteses e guias cirúrgicos de longo prazo. Segundo Rexhepi *et al.* (2023), a exposição contínua ao ambiente bucal modifica seu desgaste, exigindo substituições frequentes e muitas manutenções para garantir o conforto do paciente. Além do mais, o PMMA pode liberar monômeros residuais que, em alguns casos, causam reações alérgicas e irritação tecidual, sendo uma preocupação em contextos clínicos que demandam alta biocompatibilidade. Essas características tornam o PMMA menos ideal para aplicações odontológicas de longa duração e que requerem resistência adicional.

3.5 Limitações das Resinas Flexíveis à Base de Poliuretano na Impressão 3D e Suas Aplicações na Odontologia

Resinas flexíveis à base de poliuretano, utilizadas principalmente por sua flexibilidade e adaptabilidade, apresentam limitações significativas em aplicações odontológicas. Embora sua flexibilidade ofereça uma experiência confortável ao paciente, tais resinas possuem menor estabilidade dimensional e são suscetíveis a deformações sob carga, principalmente em usos prolongados. Como destacado por Rexhepi *et al.* (2023), as resinas de poliuretano sofrem desgaste e perda de forma em comparação ao PMMA, o que compromete o ajuste e a funcionalidade dos dispositivos odontológicos, levando a uma necessidade frequente de ajustes e reposições. Por conta dessas limitações, o uso de resinas flexíveis à base de poliuretano é indicado para aplicações temporárias e provisórias, onde a durabilidade e resistência a longo prazo não são essenciais.

3.6 Aplicabilidade e Limitações do Tritan HT na Impressão 3D para Odontologia

A característica interessante citada sobre o Tritan é sobre suas duas variantes, o Tritan HT então sendo superior em suas propriedades, inclusive no suporte a calor, porem ainda sim

não o necessário para ampla utilização. Segundo Noguera *et al.* (2021), o material apresentou uma resistência considerável quando submetido a desinfecções químicas com etanol a 70%, hipoclorito de sódio a 0,1% e misturas de amônio quaternário, mantendo sua estabilidade dimensional e qualidade visual mesmo após múltiplos ciclos de desinfecção. Essas propriedades tornam o Tritan HT uma opção promissora para a fabricação de dispositivos odontológicos reutilizáveis, que exigem limpeza e esterilização regular sem comprometer o desempenho clínico.

Apesar disso, o Tritan HT também possui limitações quando exposto a métodos de esterilização por autoclave. Embora mais resistente que o Tritan convencional, o material demonstrou sinais de desgaste após esterilizações intensivas, incluindo redução de tamanho e surgimento de trincas, o que pode confinar seu uso em ambientes onde a esterilização em autoclave ou temperatura alta não ocorrem. Essa fragilidade sob temperaturas elevadas destaca a importância de selecionar métodos de desinfecção adequados para garantir a longevidade e funcionalidade do material em cenários clínicos.

3.7 Outros materiais

Estudos recentes evidenciam vários biomateriais aplicados à odontologia, cada um com propriedades específicas e desafios a serem abordados. Susic *et al.* (2017) exploraram o uso de compósitos híbridos em CAD/CAM, analisando que esses materiais combinam resistência mecânica com um acabamento estético, entretanto apresentam uma tendência à microfratura em cenários de alta carga oclusal. O estudo analisa que, apesar das vantagens estéticas, esses compósitos exigem técnicas de aplicação cuidadosas para evitar fraturas. Já Skorulska *et al.* (2021) examinaram a compatibilidade com o tecido e durabilidade dos materiais à base de biocerâmica e constataram que, apesar de altamente resistentes à abrasão e ao desgaste, esses materiais podem apresentar limitações em termos de adaptação marginal, o que requer ajustes mais frequentes em aplicações clínicas. Adicionalmente, Homaei *et al.* (2021) analisaram o uso de polímeros baseados em poliéter-cetona (PEEK) em odontologia hospitalar e qualificaram a leveza e durabilidade do material; no entanto, ressaltaram que o PEEK possui uma pior resistência à colagem quando comparado a outras resinas acrílicas, o que teoricamente limita sua adesão em tratamentos restauradores extensivos.

4 DISCUSSÃO

A verificação dos materiais revelou vantagens e desvantagens, com foco em impressão 3D e dispositivos personalizados. As principais características dos materiais selecionados —

zircônia, cerâmica, PMMA e resinas flexíveis à base de poliuretano, além do Tritan HT — Foram avaliadas conforme sua resistência mecânica, biocompatibilidade, durabilidade e adequação a diferentes procedimentos clínicos.

1. **Zircônia e Cerâmica:** A zircônia apresentou alta resistência mecânica e biocompatibilidade, sendo viável para próteses e implantes em áreas com alta carga. Porém, as limitações de translucidez e a possível abrasão dos dentes antagonistas foram apontadas como fatores restritivos para alguns tipos de aplicação. Já a cerâmica, embora amplamente qualificada por suas propriedades estéticas e resistência à fratura, demonstrou fragilidade estrutural e necessidade de sinterização cuidadosa, o que aumenta o tempo e custo de produção tornando a mesma algumas vezes inviável (Skorulska *et al.*, 2021; Galante *et al.*, 2023).
2. **PMMA (Polimetilmetacrilato):** A resina rígida PMMA se destaca pela estabilidade dimensional, sendo recomendada para dispositivos que exigem alta precisão, como guias cirúrgicos. No entanto, a baixa resistência ao impacto e à abrasão limita sua durabilidade em próteses de longo prazo. Além da liberação de monômeros residuais foi identificada como um fator de risco, podendo causar irritações teciduais (Rexhepi *et al.*, 2023).
3. **Resinas Flexíveis à Base de Poliuretano:** As resinas flexíveis mostraram-se adequadas para aplicações temporárias devido ao conforto que proporcionam inicialmente. Contudo, é clara a menor estabilidade do material, com tendência a deformações sob carga constante, o que limita seu uso em dispositivos permanentes (Rexhepi *et al.*, 2023).
4. **Tritan HT:** A avaliação do Tritan HT revelou uma maior resistência química e estabilidade em processos de desinfecção frequente, tornando-o uma opção promissora para dispositivos que exigem alta durabilidade. Porém o material teve um comportamento negativo quando se fala em suscetibilidade a deformações e rachaduras em esterilizações por autoclave, restringindo seu uso em alguns contextos clínicos que colocam o material em altas temperaturas. (Noguera *et al.*, 2021).

Os resultados da pesquisa indicam que os biomateriais atuais oferecem avanços significativos na odontologia, no entanto, cada material apresenta limitações que devem ser cuidadosamente avaliadas ao ser selecionado para diferentes tratamentos odontológicos. Assim, uma escolha criteriosa dos biomateriais, levando em consideração as necessidades específicas de cada procedimento e as propriedades de cada material, pode garantir maior segurança e eficácia no atendimento odontológico, otimizando os resultados e o conforto dos

pacientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução dos biomateriais e das tecnologias de impressão 3D transformou a odontologia, oferecendo novas possibilidades para a criação de dispositivos personalizados que maximizam o conforto e a adaptabilidade ao paciente, como a zircônia, cerâmica e resinas as quais demonstram vantagens específicas em durabilidade, estética e biocompatibilidade, fatores necessários para a odontologia contemporânea. No entanto, existem limitações por exemplo a zircônia, embora resistente, possui limitações de translucidez e possível desgaste de dentes antagonistas. A cerâmica, com sua alta fragilidade, demanda processos de sinterização o qual pode tornar inviável sua produção devido ao preço e ao tempo.

O Tritan HT mostrou-se uma alternativa promissora por conta da resistência a processos de desinfecção química, mas ainda sim é limitado quando submetido a esterilizações por autoclave, o que afeta sua dimensão estrutural. As resinas flexíveis, por mais que sejam confortáveis, carecem de estabilidade a longo prazo, com sua indicação para aplicações provisórias, enquanto o PMMA, apesar da estabilidade dimensional e apresenta baixa resistência ao impacto, com potencial para reações adversas teciduais.

No entanto, a escolha do material é essencial para entender seu uso clínico, seguindo às exigências de cada caso. A criação de novas tecnologias e materiais exige um entendimento profundo de suas propriedades, vantagens e limitações, e cria a necessidade da formulação de regras para orientar o uso adequado em ambientes clínicos. O avanço contínuo dessas tecnologias, junto à formação de profissionais capacitados, é imprescindível para ampliar o impacto positivo dessas inovações na prática odontológica e na qualidade de vida dos pacientes.

6 REFERÊNCIAS

ALJEHANI, M.; SMITH, T.; JONES, R. Advantages and limitations of monolithic zirconia restorations. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 120, n. 2, p. 130-135, 2023. Disponível em: <http://surl.li/gqxivju>. Acesso em: 15 Janeiro de 2023.

DAWOOD, A.; MARTÍNEZ-AVILA, I.; LOWE, D.; *et al.* 3D printing in dentistry. **British Dental Journal**, v. 219, n. 11, p. 521-529, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2015.914>. Acesso em: 08 Setembro de 2023.

GALANTE, R.; COLETTI, F.; MOORE, G.; et al. Additive manufacturing of ceramics for dental applications. **Journal of Dental Materials**, v. 27, n. 4, p. 217-229, 2023. Disponível em: <https://dl.asminternational.org/handbooks/edited-volume/119/Additive-Manufacturing-Processes>. Acesso em: 09 julho de 2024.

HOMAEI, M.; KHOSHDEL, R.; MASOUMBEIK, A.; et al. Evaluation of Polyetherketoneketone (PEKK) polymer in dental applications. **Biology**, v. 10, n. 2, p. 170-176, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7382/10/2/170>. Acesso em: 09 julho de 2024.

IFTIKHAR, S.; AHMED, N.; ZHANG, J.; et al. CAD/CAM indirect bonding trays using hard versus soft resin materials. **Dental Materials**, v. 22, n. 6, p. 431-439, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37482433/>. Acesso em : 02 de Agosto de 2024

NOGUERA, C.; MUNOZ, A.; ORTIZ, G.; et al. Disinfection of 3D-printed protective face shield during COVID-19 pandemic. **International Journal of Dental Materials**, v. 34, n. 3, p. 273-285, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196655320309263>. Acesso em 12 de Janeiro de 2024.

REXHEPI, A.; DERMAKU, M.; BEGOLLI, G.; et al. Clinical Applications and Mechanical Properties of CAD-CAM Materials in Restorative and Prosthetic Dentistry. **Dental Materials International**, v. 35, n. 1, p. 404-412, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4983/14/8/431>. Acesso em 07 de Maio de 2024.

SCHABBACH, L. M.; NEGRI, L. P.; CUNHA, M. C. B. New perspectives for recycling dental zirconia waste resulting from CAD/CAM manufacturing process. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 63, n. 3, p. 310-319, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617305619>. Acesso em 15 de Maio de 2024.

SKORULSKA, A.; SIKORSKA, E.; PIOTROWSKA, A.; et al. Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison. **Journal of Functional Biomaterials**, v. 14, n.

2, p. 431-445, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1592>. Acessado em 02 de Maio de 2024.

SUSIC, I.; BAJIC, E.; MARKOVIC, D.; *et al.* The application of CAD / CAM technology in Dentistry. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 200, p. 012020, 2017. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/200/1/012020/meta>. Acesso em 28 de Maio de 2024.