



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba

VICTOR PRATES MOREIRA

**MATERIAIS CERÂMICOS PARA A TECNOLOGIA CAD/CAM:
TECNOLOGIA E MÉTODOS DE PROCESSAMENTO**

Araçatuba - SP
2026

VICTOR PRATES MOREIRA

**MATERIAIS CERÂMICOS PARA A TECNOLOGIA CAD/CAM:
TECNOLOGIA E MÉTODOS DE PROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Odontologia de Araçatuba, para obtenção
do título de Cirurgião-Dentista

Orientador(a): Prof. Dr. José Vitor Quinelli
Mazaro

Araçatuba - SP
2026

Dedico este trabalho aos meus pais, que estiveram ao meu lado em cada passo e fizeram da minha caminhada a sua própria luta.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, expresso minha mais profunda gratidão por todo o trabalho, esforço e dedicação ao longo de minha trajetória. Cada sacrifício realizado e cada palavra de incentivo foram fundamentais para que eu pudesse seguir este sonho. Nos momentos de incerteza, quando o caminho parecia não fazer sentido, o apoio, a confiança e a força de vocês foram o alicerce que me sustentou. Este trabalho é reflexo direto da luta e do amor de vocês.

À minha namorada, agradeço por ter sido presença constante e apoio incondicional durante todos esses anos de graduação. Sua paciência, compreensão e incentivo nos momentos mais desafiadores foram essenciais para que eu seguisse em frente. Seu apoio tornou essa caminhada mais leve e possível.

Aos amigos da faculdade, agradeço pela parceria ao longo dessa jornada. Compartilhar desafios, aprendizados e conquistas com vocês tornou o percurso mais humano e significativo, transformando dificuldades em crescimento. Aos amigos de fora da faculdade, registro minha gratidão por serem, muitas vezes, meu refúgio e minha saída, contribuindo para o equilíbrio necessário diante das exigências dessa etapa.

Ao meu orientador, agradeço pela disponibilidade, pelas orientações e pelas valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho, que foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e profissional. À banca examinadora, agradeço por aceitarem participar deste momento tão importante, dedicando tempo e conhecimento para a avaliação deste estudo, tornando esta etapa ainda mais especial e inesquecível.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a concretização deste sonho.

“A experiência é o nome que damos
aos nossos erros”

Oscar Wilde, 1892.

RESUMO

MOREIRA, V. P. **Materiais cerâmicos para a tecnologia CAD/CAM: Tecnologia e métodos de processamento.** 2026. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2026.

A introdução da tecnologia CAD/CAM na odontologia restauradora impulsionou uma significativa evolução dos biomateriais, resultando em um vasto arsenal de cerâmicas com propriedades distintas. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise aprofundada das principais classes de materiais cerâmicos disponíveis para sistemas CAD/CAM, a fim de orientar a seleção clínica baseada em evidências. Foram abordadas as cerâmicas vítreas (ácido-sensíveis), como o dissilicato de lítio, que se destacam pela excelência estética e pela capacidade de adesão micromecânica, sendo ideais para restaurações em áreas anteriores. Em contrapartida, foram analisadas as cerâmicas policristalinas (ácido-resistentes), com foco na zircônia, cuja elevada resistência mecânica, atribuída ao fenômeno da tenacidade por transformação, a torna indicada para áreas de alta demanda oclusal. A evolução das gerações de zircônia (3Y, 4Y e 5Y) foi discutida, demonstrando o balanço entre resistência e translucidez. Adicionalmente, os materiais híbridos foram apresentados como uma alternativa biomecânica. Conclui-se que a seleção criteriosa do material, fundamentada no conhecimento profundo de suas propriedades, indicações e protocolos adesivos, é um fator determinante para o sucesso e a longevidade das reabilitações orais.

Palavras-chave: Porcelana Dentária; Desenho Assistido por Computador; Zircônia; Dissilicato de Lítio.

ABSTRACT

MOREIRA, V. P. **Ceramic Materials for CAD/CAM Technology: Technology and Processing Methods**. 2026. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2026.

The introduction of CAD/CAM technology in restorative dentistry has driven a significant evolution of biomaterials, resulting in a vast array of ceramics with distinct properties. This study aims to present an in-depth analysis of the main classes of ceramic materials available for CAD/CAM systems, guiding evidence-based clinical selection. This technological advancement has optimized clinical and laboratory workflows, enabling the development of materials with enhanced physical and optical characteristics. Acid-sensitive glass-ceramics, such as lithium disilicate, were addressed, highlighted by their aesthetic excellence and micromechanical adhesion capability, making them ideal for anterior restorations. In contrast, acid-resistant polycrystalline ceramics, with a focus on zirconia, were analyzed. Their high mechanical strength, attributed to the phenomenon of transformation toughening, makes them indicated for areas of high occlusal demand. The evolution of zirconia generations (3Y, 4Y, and 5Y) was discussed, demonstrating the balance between strength and translucency. Additionally, hybrid materials were presented as a biomechanical alternative, mimicking the natural tooth structure. It is concluded that the judicious selection of material, based on a deep understanding of its properties, indications, and adhesive protocols, is a determining factor for the success and longevity of oral rehabilitations.

Keywords: Dental Porcelain; Computer-Aided Design; Zirconia; Lithium Disilicate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos sistemas cerâmicos.	11
Figura 2 – Bloco de cerâmica feldspática.	13
Figura 3 – Bloco de cerâmica reforçada por leucita (IPS Empress CAD).	14
Figura 4 – Bloco de dissilicato de lítio em fase pré-cristalizada (IPS e.max CAD).	15
Figura 5 – Caso de dissilicato de lítio.	16
Figura 6 – Bloco de silicato de lítio reforçado por zircônia (VITA SUPRINITY PC) (A); Bloco de cerâmica para fresagem CAD/CAM Bloco Cad/Cam Celtra Duo (B).	17
Figura 7 - Caso silicato de lítio. Celtra duo.	17
Figura 8 - Blocos de zircônia para usinagem.	19
Figura 9 - Caso Zircônia monolítica	19
Figura 10 -Bloco de cerâmica híbrida (VITA ENAMIC)	23

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
MPA	Megapascal
HF	Ácido fluorídrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 Análise dos Materiais Cerâmicos para Sistemas CAD/CAM na Odontologia	12
2.1 Cerâmicas Vítreas (Ácido-Sensíveis)	12
2.1.1 Cerâmicas Feldspáticas	12
2.1.2 Cerâmicas Reforçadas por Leucita	13
2.1.3 Dissilicato de Lítio	14
2.1.4 Silicato de Lítio Reforçado por Zircônia (ZLS)	16
2.2 Cerâmicas Policristalinas (Ácido-Resistentes)	18
2.2.1 Zircônia Estabilizada por Ítria (Y-TZP): O Fenômeno da Tenacidade por Transformação	20
2.2.2 Gerações de Zircônia: Equilíbrio entre Força e Estética	20
2.3 Materiais Híbridos	22
2.3.1 Cerâmicas Infiltradas por Polímero (PICN)	22
2.3.2 Nanocerâmicas Resinosas (RNC)	23
3 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A Odontologia restauradora tem testemunhado uma transformação nas últimas décadas, impulsionada, em grande parte, pela revolução digital. A introdução dos sistemas CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) representou um marco significativo, alterando fundamentalmente a forma como as restaurações indiretas são concebidas e fabricadas¹². Essa tecnologia, que permite a digitalização do preparo dental, o desenho virtual da restauração e sua posterior usinagem precisa a partir de blocos pré-fabricados, não apenas otimizou o fluxo de trabalho clínico e laboratorial, mas também abriu portas para o desenvolvimento e a aplicação de uma nova geração de materiais cerâmicos com propriedades aprimoradas².

Tradicionalmente, a seleção de materiais para restaurações indiretas era guiada por um conjunto mais limitado de opções, frequentemente com compromissos entre estética e resistência. Com o advento do CAD/CAM, a diversidade de materiais cerâmicos expandiu-se exponencialmente, abrangendo desde cerâmicas vítreas de alta translucidez até cerâmicas policristalinas de elevada resistência, além de materiais híbridos que buscam combinar as melhores características de ambos. Contudo, essa vasta gama de opções, embora benéficas, introduz uma complexidade considerável na tomada de decisão clínica. A escolha inadequada de um material pode comprometer a longevidade da restauração, a saúde dos tecidos adjacentes e a satisfação do paciente, evidenciando uma lacuna no conhecimento aprofundado sobre as nuances de cada biomaterial disponível no mercado⁴.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível que o cirurgião-dentista possua um entendimento abrangente e atualizado das características físico-químicas, mecânicas e ópticas dos materiais cerâmicos para CAD/CAM. A capacidade de correlacionar essas propriedades com as demandas clínicas específicas de cada caso, considerando fatores como localização da restauração, forças oclusais, exigências estéticas e protocolos de adesão são cruciais para o sucesso terapêutico. Este trabalho justifica-se pela necessidade de consolidar e aprofundar o conhecimento sobre esses materiais, buscando otimizar suas escolhas e aprimorar a qualidade de suas reabilitações.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar os materiais cerâmicos empregados em sistemas CAD/CAM na odontologia restauradora contemporânea. Para tanto, propõe-se, como objetivos específicos, descrever as principais classes de cerâmicas CAD/CAM, incluindo cerâmicas vítreas, policristalinas e materiais híbridos; detalhar a composição, microestrutura e propriedades mecânicas (resistência à flexão e tenacidade à fratura) de cada material; discutir as indicações clínicas, contraindicações, protocolos de tratamento de superfície e adesão específicos para cada classe de cerâmica; apresentar uma análise comparativa das gerações de zircônia (3Y-TZP, 4Y-TZP e 5Y-TZP), elucidando o impacto da concentração de ítria na translucidez e resistência mecânica; e, por fim, fornecer um panorama atualizado das marcas comerciais relevantes e suas aplicações, visando auxiliar na tomada de decisão clínica baseada em evidências.

Figura 1- Classificação dos sistemas cerâmicos



2. Análise dos Materiais Cerâmicos para Sistemas CAD/CAM na Odontologia

A integração da tecnologia CAD/CAM na odontologia restauradora transcendeu a mera automação de processos, viabilizando o emprego de biomateriais com propriedades físicas e ópticas que seriam inatingíveis por métodos convencionais. A usinagem subtrativa, realizada a partir de blocos industriais pré-fabricados, assegura uma microestrutura homogênea, notavelmente livre de porosidades e das tensões residuais frequentemente associadas à estratificação manual⁵. Este capítulo propõe aprofundar as características técnicas, as indicações clínicas precisas e os protocolos específicos de cada classe de material cerâmico disponível para este sistema, fornecendo um panorama abrangente para a tomada de decisão clínica.

2.1 Cerâmicas Vítreas (Ácido-Sensíveis)

As cerâmicas vítreas são intrinsecamente definidas por uma matriz de vidro amorfo, que podem ser reforçadas por uma fase cristalina dispersa. A principal característica clínica que as distingue é a sua ácido-sensibilidade, uma propriedade fundamental que permite o condicionamento da superfície com ácido fluorídrico (HF). Este processo é crucial para a criação de uma topografia microporosa que, por sua vez, é essencial para a obtenção de uma adesão micromecânica robusta e duradoura ao substrato dental, um pilar para a longevidade das restaurações indiretas⁸.

2.1.1 Cerâmicas Feldspáticas

As cerâmicas feldspáticas, historicamente as primeiras a serem empregadas em sistemas CAD/CAM, ainda hoje representam o padrão de

excelência em termos de mimetismo óptico. Sua composição, predominantemente uma matriz de aluminossilicato com cristais de feldspato, confere-lhes uma translucidez e opalescência que se assemelha de perto à estrutura dental natural. Contudo, essa vantagem estética é acompanhada por uma limitação mecânica significativa, com uma baixa resistência à flexão, variando entre 100 e 160 MPa, e uma tenacidade à fratura de aproximadamente $1.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Devido a essas propriedades, suas indicações clínicas são restritas a restaurações de alta demanda estética em áreas de baixa carga oclusal, como facetas laminadas, inlays e onlays em dentes anteriores. Consequentemente, são contraindicadas para coroas em dentes posteriores, pontes fixas e em pacientes com hábitos parafuncionais, como o bruxismo, onde as forças mastigatórias poderiam levar à falha do material. Marcas comerciais proeminentes incluem VITABLOCS Mark II (VITA) e CEREC Blocs (Dentsply Sirona). O protocolo de adesão para estas cerâmicas envolve o condicionamento com ácido fluorídrico (HF) em concentrações de 5-9% por um período de 60 a 90 segundos, seguido da aplicação de um agente silanizador⁵.

FIGURA 2– Bloco de cerâmica feldspática



Fonte: VITA ZAHNFABRIK.

2.1.2 Cerâmicas Reforçadas por Leucita

Representando uma evolução das cerâmicas feldspáticas, as cerâmicas reforçadas por leucita incorporam cristais de leucita em sua matriz vítrea,

geralmente em uma proporção de 35-45% em volume. Essa adição atua como um mecanismo de reforço por dispersão, elevando suas propriedades mecânicas em comparação com as feldspáticas puras. A resistência à flexão situa-se na faixa de 160-185 MPa, e a tenacidade à fratura varia de 1.2 a 1.4 MPa·m^{1/2}. Essa melhoria mecânica, sem um sacrifício estético significativo, expande suas indicações para incluir facetas, inlays, onlays e coroas unitárias em dentes anteriores. No entanto, ainda são contraindicadas para pontes fixas e coroas posteriores submetidas a grandes esforços mastigatórios. Exemplos de marcas comerciais são IPS Empress CAD (Ivoclar) e Initial LRF (GC). O protocolo de adesão é similar ao das feldspáticas, utilizando HF a 5% por 60 segundos⁵.

FIGURA 3- Bloco de cerâmica reforçada por leucita (IPS Empress CAD)



Fonte: IVOCALAR VIVADENT

2.1.3 Dissilicato de Lítio

O dissilicato de lítio consolidou-se como um dos materiais mais versáteis e amplamente empregados nos sistemas CAD/CAM, notadamente por seu equilíbrio otimizado entre estética e resistência mecânica. Sua microestrutura é caracterizada por uma matriz vítrea que encapsula uma alta concentração,

aproximadamente 70% em volume, de cristais de dissilicato de lítio densamente entrelaçados. Essa composição única confere-lhe uma resistência à flexão que pode variar de 360 a 530 MPa após a cristalização e uma tenacidade à fratura entre 2.0 e 2.5 MPa·m^{1/2}, tornando-o significativamente mais robusto que as cerâmicas feldspáticas e reforçadas por leucita⁴. O processamento envolve a usinagem do material em um estado intermediário, conhecido como "fase azul" ou metassilicato de lítio, que é mais macio e facilita o desgaste das fresas. Subsequentemente, a restauração é submetida a um ciclo de cristalização térmica a aproximadamente 840°C, etapa crucial para o desenvolvimento de suas propriedades mecânicas e ópticas finais. As indicações clínicas do dissilicato de lítio são vastas, abrangendo coroas unitárias (tanto anteriores quanto posteriores), facetas, pontes de até três elementos anteriores e restaurações sobre implantes⁴.

Contudo, é contraindicado para pontes posteriores extensas em região de pré-molares e molares e em situações de espaços protéticos amplos. Marcas comerciais de destaque incluem IPS e.max CAD (Ivoclar), Rosetta SM (Hass) e Amber Mill (Hass). O protocolo de adesão para este material é mais conciso, requerendo condicionamento com HF a 5% por apenas 20 segundos, seguido de silanização⁵.

FIGURA 4- Bloco de dissilicato de lítio em fase pré-cristalizada (IPS e.max CAD)



Fonte: IVOCCLAR VIVADENT

FIGURA 5 - Caso de dissilicato de lítio.



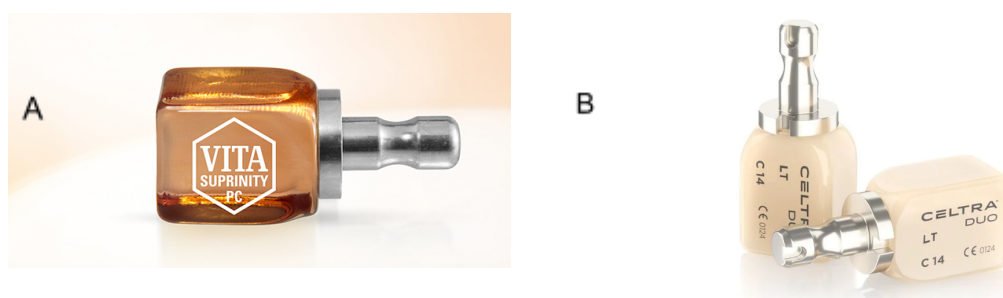
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.4 Silicato de Lítio Reforçado por Zircônia (ZLS)

Uma inovação mais recente no campo das vitrocerâmicas é o silicato de lítio reforçado por zircônia (ZLS). Esta classe de materiais incorpora aproximadamente 10% de óxido de zircônio dissolvido na matriz vítrea de silicato de lítio, buscando uma sinergia entre a estética das vitrocerâmicas e a tenacidade da zircônia. Essa composição resulta em uma resistência à flexão de 420-500 MPa, onde a zircônia atua como um agente de reforço, dificultando a propagação de trincas na matriz vítrea. As indicações clínicas são semelhantes às do dissilicato de lítio, incluindo coroas unitárias, inlays, onlays e facetas. Marcas comerciais notáveis são VITA SUPRINITY PC (VITA) e Celtra Duo (Dentsply Sirona). O processamento geralmente envolve a usinagem seguida de uma queima de cristalização, embora algumas marcas, como o Celtra Duo, ofereçam a opção de uso imediato após polimento, o que, no entanto, resulta em

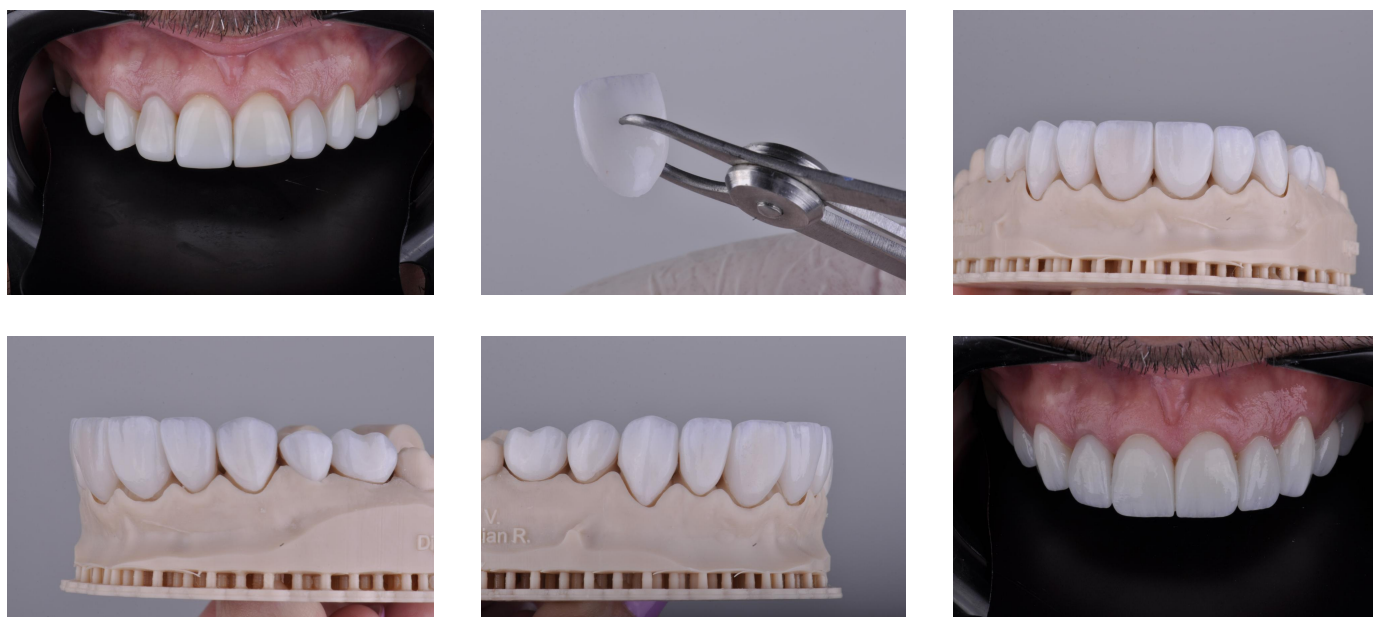
menor resistência mecânica em comparação com a restauração cristalizada⁵. O protocolo de adesão para ZLS é o condicionamento com HF a 5% por 20-30 segundos, seguido de silanização.

FIGURA 6- Bloco de silicato de lítio reforçado por zircônia (VITA SUPRINITY PC) (A); Bloco de cerâmica para fresagem CAD/CAM Bloco Cad/Cam Celtra Duo (B)



Fonte: VITA ZAHNFABRIK. DENTSPLY SIRONA.

FIGURA 7 - Caso silicato de lítio. Celtra duo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Cerâmicas Policristalinas (Ácido-Resistentes)

As cerâmicas policristalinas, cujo principal representante na odontologia é a zircônia (óxido de zircônio, ZrO_2), distinguem-se por uma microestrutura composta quase que inteiramente por cristais, sem a presença de fase vítrea. Essa característica lhes confere uma excepcional resistência mecânica e tenacidade à fratura, posicionando-as como um dos materiais mais robustos para restaurações odontológicas⁴. Em contraste com as cerâmicas vítreas, a zircônia é ácido-resistente, o que implica que o condicionamento com ácido fluorídrico não é um método eficaz para criar retenção micromecânica. A adesão a este material é obtida por meio de jateamento com partículas de óxido de alumínio, seguido da aplicação de primers químicos que contêm o monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogenofosfato (10-MDP), que estabelece uma ligação química com o óxido de zircônio⁸.

O advento das restaurações em zircônia monolítica representou uma mudança de paradigma na odontologia restauradora, visando mitigar a principal falha clínica das próteses de infraestrutura de zircônia: o lascamento (chipping) da cerâmica de cobertura¹⁴. Ao eliminar a interface entre a infraestrutura e a porcelana feldspática, as coroas monolíticas oferecem uma resistência à fratura superior, sendo indicadas prioritariamente para áreas de alta carga oclusal e pacientes com espaço interoclusal reduzido¹⁵. Estudos clínicos indicam que, em espessuras de apenas 0,6 mm, a zircônia monolítica pode apresentar desempenho mecânico comparável ao dissilicato de lítio em espessuras de 1,5 mm, permitindo um desgaste dental mais conservador sem comprometer a longevidade da reabilitação.

FIGURA 8 - Blocos de zircônia para usinagem.



Fonte: KURARAY NORITAKE.

FIGURA 9- Caso Zircônia monolítica



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.1 Zircônia Estabilizada por Ítria (Y-TZP): O Fenômeno da Tenacidade por Transformação

A zircônia pura é um material polimórfico, existindo em três fases cristalinas distintas: monoclinica (M) à temperatura ambiente, tetragonal (T) em temperaturas elevadas (entre 1170°C e 2370°C) e cúbica (C) em temperaturas ainda mais altas (acima de 2370°C). A transição da fase tetragonal para a monoclinica, que ocorre durante o resfriamento, é acompanhada por uma expansão volumétrica de aproximadamente 3-5%. Essa expansão, se não controlada, induziria tensões internas que levariam à fratura catastrófica do material⁹. Para contornar essa instabilidade e, ao mesmo tempo, capitalizar as propriedades superiores da fase tetragonal, a zircônia é estabilizada com a adição de óxidos, sendo o óxido de ítria (Y_2O_3) o estabilizador mais comumente empregado¹¹.

É precisamente a adição de ítria que permite a manutenção da fase tetragonal em um estado metaestável à temperatura ambiente, conferindo à zircônia sua notável tenacidade por transformação (transformation toughening). Este mecanismo é ativado na presença de uma microtrinca: o campo de tensões concentrado na ponta da trinca é suficiente para induzir a transformação das partículas de zircônia tetragonal (T) para a fase monoclinica (M) nas proximidades da trinca. A expansão volumétrica localizada resultante gera um campo de tensões compressivas que se opõe à propagação da trinca, efetivamente bloqueando seu avanço e, conseqüentemente, aumentando a tenacidade à fratura do material¹⁰.

2.2.2 Gerações de Zircônia: Equilíbrio entre Força e Estética

Com o avanço da pesquisa e desenvolvimento, a zircônia evoluiu em diferentes gerações, cada uma buscando um equilíbrio otimizado entre resistência mecânica e translucidez, modulado principalmente pela concentração de ítria, como a zircônia 3Y-TZP com 3 mol% de ítria. Esta é a geração de zircônia de alta resistência, caracterizada por um elevado teor de fase tetragonal (aproximadamente 90% t-ZrO₂). Sua resistência à flexão situa-se na faixa de 900

a 1375 MPa, e a tenacidade à fratura pode alcançar valores entre 5.0 e 7.2 MPa·m^{1/2} ⁹.

Devido à sua microestrutura, exibe menor translucidez, sendo primariamente indicada para infraestruturas (copings), coroas posteriores monolíticas e pontes extensas, onde a robustez e a durabilidade são as prioridades clínicas. Marcas como IPS e.max ZirCAD Prime, utilizada como camada de base em restaurações multicamadas, e Katana HTML (High Translucent Monolithic) são exemplos comerciais proeminentes¹¹.

Representando um avanço em translucidez, a zircônia 4Y-TZP (4 mol% de ítria) contém uma proporção maior de fase cúbica (aproximadamente 60% c-ZrO₂) em comparação com a 3Y-TZP, mantendo, contudo, uma quantidade significativa de fase tetragonal (cerca de 40% t-ZrO₂). Essa composição mista confere-lhe propriedades mecânicas intermediárias, com resistência à flexão na faixa de 600 a 900 MPa e tenacidade à fratura de 2.5 a 3.5 MPa·m^{1/2} ¹¹. É uma opção versátil para coroas unitárias, tanto anteriores quanto posteriores, e pontes curtas de até três elementos, oferecendo um bom balanço entre estética e resistência. Exemplos incluem Katana ML (Multi-Layer) e Noritake Zircônia STML (Super Translucent Multi-Layer).

Denominada zircônia "ultra-translúcida", a zircônia 5Y-TZP (5 mol% de ítria) possui o maior teor de ítria, o que resulta em uma predominância da fase cúbica (aproximadamente 80% c-ZrO₂)¹¹. A fase cúbica, por ser opticamente isotrópica, minimiza o espalhamento de luz nos limites de grão, conferindo ao material uma translucidez superior, ideal para restaurações de alta demanda estética, como facetas e coroas anteriores monolíticas. Contudo, essa maior translucidez é acompanhada por uma redução na resistência à flexão, que varia de 500 a 590 MPa, e uma tenacidade à fratura de aproximadamente 2.2 a 4.1 MPa·m^{1/2} (com a maioria dos estudos apontando para valores próximos a 2.5 MPa·m^{1/2})¹¹. Apesar da menor resistência em comparação com as gerações anteriores, a 5Y-TZP ainda é consideravelmente mais robusta que as cerâmicas vítreas e exibe maior resistência à degradação hidrotérmica (LTD) devido à estabilidade da fase cúbica. Marcas como Katana UTML (Ultra Translucent Multi-Layer) e Lava Esthetic (3M) são exemplos dessa categoria¹¹.

O processamento da zircônia envolve a usinagem de blocos em um estado pré-sinterizado, frequentemente referido como "estado giz", que é mais

macio e facilita a conformação. Após a usinagem, as peças são submetidas a um rigoroso ciclo de sinterização em altas temperaturas, geralmente entre 1450-1550°C, para alcançar sua densidade final, resistência mecânica e a contração volumétrica necessária, que pode variar de 20-25%⁵.

2.3 Materiais Híbridos

Os materiais híbridos representam uma classe inovadora que busca mimetizar o comportamento biomecânico do dente natural, unindo a resiliência dos polímeros à resistência das cerâmicas. Essa combinação visa otimizar a distribuição de tensões e a absorção de impactos oclusais.

2.3.1 Cerâmicas Infiltradas por Polímero (PICN)

As cerâmicas infiltradas por polímero (PICN), exemplificadas pelo VITA ENAMIC, possuem uma estrutura de rede dupla. Elas são compostas por uma rede cerâmica porosa (aproximadamente 86% em peso) que é interpenetrada por um polímero (PMMA, cerca de 14% em peso). Essa arquitetura confere ao material um módulo de elasticidade de aproximadamente 30 GPa, valor muito próximo ao da dentina, o que favorece a absorção de impactos oclusais e uma distribuição de tensões mais fisiológicas⁷. As PICNs apresentam menor dureza e maior elasticidade em comparação com as vitrocerâmicas, facilitando o processo de usinagem e o ajuste oclusal, além de potencialmente causar menor desgaste ao dente antagonista¹. Sua resistência à flexão varia entre 150-160 MPa. São indicadas para coroas sobre implantes e restaurações em pacientes com bruxismo, onde a capacidade de absorção de choque é benéfica. O protocolo de adesão envolve a silanização da superfície, sem a necessidade de condicionamento ácido.

FIGURA 10 - Bloco de cerâmica híbrida (VITA ENAMIC)



Fonte: VITA ZAHNFABRIK

2.3.2 Nanocerâmicas Resinosas (RNC)

As nanocerâmicas resinosas (RNC), como o Lava Ultimate (3M ESPE), consistem em uma matriz de resina altamente preenchida com nanopartículas cerâmicas, atingindo uma carga de aproximadamente 80% em peso. Estes materiais oferecem vantagens como a facilidade de reparo intraoral e a eliminação da etapa de queima em forno, agilizando o fluxo de trabalho em cadeira (chairside)³. Sua resistência à flexão é de aproximadamente 200 MPa. Inicialmente, algumas marcas tiveram sua indicação para coroas totais removida devido a falhas adesivas, sendo atualmente mais indicadas para inlays e onlays³.

Uma revisão sistemática apontou que, entre os materiais híbridos, as PICNs demonstraram menor desgaste que as RNCs¹.

3 CONCLUSÃO

A jornada evolutiva dos materiais cerâmicos, impulsionada pela precisão e reprodutibilidade dos sistemas CAD/CAM, redefiniu os paradigmas da odontologia restauradora. A análise aprofundada das diferentes classes de

materiais revela um espectro de opções onde a seleção criteriosa, baseada em evidências científicas, é o pilar para o sucesso clínico. Ficou evidente que não existe um material universal, mas sim um material ideal para cada situação clínica específica, exigindo do cirurgião-dentista um conhecimento profundo das propriedades intrínsecas, indicações e limitações de cada biomaterial.

As cerâmicas vítreas, desde as feldspáticas, com seu mimetismo óptico inigualável para facetas estéticas, até o dissilicato de lítio, que se consolidou como um material de eleição por seu equilíbrio entre resistência e estética, demonstraram ser a escolha primária para restaurações em que a adesão micromecânica e a translucidez são imperativas. A sensibilidade ao ácido fluorídrico, que define esta categoria, é a chave para uma união duradoura, mas também demanda um respeito rigoroso aos protocolos de condicionamento e silanização, que variam sutilmente entre os subtipos de material.

Em contrapartida, as cerâmicas policristalinas, representadas pela zircônia, emergiram como a solução para os desafios de alta demanda mecânica. A compreensão do fenômeno da tenacidade por transformação, modulado pela incorporação de ítria, é fundamental para entender a superioridade mecânica da zircônia 3Y-TZP em estruturas de pontes extensas e coroas posteriores. A evolução para as gerações 4Y-TZP e 5Y-TZP ilustra a busca incessante da indústria por um material que una a robustez da zircônia com a estética das vitrocerâmicas, ampliando o leque de indicações para o setor anterior monolítico, ainda que com um sacrifício calculado na resistência. A natureza ácido-resistente da zircônia impõe um protocolo adesivo distinto, baseado no jateamento e no uso de primers com 10-MDP, reforçando que a técnica é tão crucial quanto o material.

Por fim, os materiais híbridos, como as PICNs e RNCs, representam uma fronteira promissora, buscando mimetizar o comportamento biomecânico da dentina com um módulo de elasticidade mais baixo. Embora ainda apresentem limitações em termos de resistência e indicações, sua capacidade de absorver tensões e a facilidade de reparo os posicionam como uma alternativa viável em cenários específicos, como em coroas sobre implantes e em pacientes com

para função. Conclui-se, portanto, que a odontologia digital contemporânea oferece um arsenal terapêutico vasto e sofisticado. O domínio sobre as características de cada material cerâmico, da composição microestrutural aos protocolos de cimentação, é o que capacita o clínico a transitar com segurança por este arsenal, transformando o potencial da tecnologia em reabilitações orais previsíveis, funcionais, estéticas e duradouras, que verdadeiramente elevam o padrão de cuidado ao paciente.

REFERÊNCIAS

- 1 - Laborie M, Naveau A, Menard A, et al. CAD-CAM resin-ceramic material wear: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2024;131(5):812-818.
- 2 - Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res*. 2018;97(10):1082-1091.
- 3 - Marchesi G, Camurri Piloni A, Nicolini V, et al. Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses. *Biology (Basel)*. 2021;10(11):1170.
- 4 - Zarone F, Di Mauro MI, Ausiello P, et al. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):134.
- 5 - Lima AEC, et al. Evaluation of mechanical properties of CAD/CAM ceramic systems: literature review. *RGO - Rev Gaúcha Odontol*. 2020;68:e20200009.
- 6 - Martins LM, et al. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas: revisão. *Cerâmica*. 2010;56(338):148-155.
- 7 - Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater*. 2014;30(5):564-569.
- 8 - Al-Johani H, et al. Effect of surface treatments on optical, topographical and mechanical properties of CAD/CAM reinforced lithium silicate glass ceramics. *Dent Mater*. 2023;39(10):975-985.
- 9 - Rautenbach Z, et al. Phase transformation of yttria-stabilized zirconia after the ... *J Mech Behav Biomed Mater*. 2025;150:106307.
- 10 - Camposilvan E, Marro FG, Mestra A, Anglada M. Enhanced reliability of yttria-stabilized zirconia for dental applications. *Acta Biomater*. 2015;15:158-168.
- 11 - Cerâmica (SciELO Brazil), 2024. Effect of Y₂O₃ content on the mechanical and optical properties of zirconia-based dental ceramics. *Cerâmica*. 2024;70(394):1-10.
- 12 - Medina M, Ferreira BC, Tavares HVA, Silva LA, Costa LAP, Goyatá FD. Odontologia Digital - Abordagem Histórica e Conceitual: Uma Revisão de Literatura. *Revista Científica do CRO-RJ*. 2022;7(2):9-15.

13 - Cruz EM. Sistemas CAD/CAM na Odontologia. Repositório UFMG. 2018;1-45.

14 - Kontonasaki E, Rigos AE, Ilia C, Istantos T. Monolithic Zirconia: An Update to Current Knowledge. Optical Properties, Wear, and Clinical Performance. Dent J (Basel). 2019 Sep 2;7(3):90. doi: 10.3390/dj7030090. PMID: 31480688; PMCID: PMC6784470..

15 - Leitão CIMB, Fernandes GVO, Azevedo LPP, Araújo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. J Prosthodont Res. 2022 Jul 30;66(3):374-384. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_21_00081. Epub 2021 Oct 6. PMID: 34615842.(Citação extraída da página 375).