



UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO DE ODONTOLOGIA – *CAMPUS* SOBRAL

ANA EMANUELA CISNE DE LIMA

PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS SISTEMAS CERÂMICOS CAD/CAM:
REVISÃO DE LITERATURA.

SOBRAL – CE

2018

ANA EMANUELA CISNE DE LIMA

PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS SISTEMAS CERÂMICOS CAD/CAM:
REVISÃO DE LITERATURA.

MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC SYSTEMS CAD/CAM: LITERATURE REVIEW

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
DIPLOMA DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE
ODONTOLOGIA *CAMPUS* SOBRAL

ORIENTADOR: PROF. DR. HILMO BARRETO
LEITE FALCÃO FILHO

SOBRAL – CE

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, à minha família, pelo incentivo que me dão e por compreenderem a minha rotina em tantos momentos nas quais estive me dedicando à minha formação profissional.

Ao meu professor orientador: Hilmo, que me acompanhou a minha caminhada profissional na graduação, e por ser também fonte de inspiração para a minha formação pessoal; levo comigo cada ensinamento seu.

RESUMO

O sistema CAD-CAM (computer aided design/computer aided manufacturing), que significa desenho auxiliado por computação e manufatura auxiliada por computação, é um dos recursos mais tecnológicos e modernos na reabilitação oral atualmente. É uma alternativa que otimizou a resistência e a adaptação das cerâmicas odontológicas. Dessa maneira, suas indicações de uso têm-se ampliadas, tornando-o cada vez mais conhecido e difundido. O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão da literatura sobre as propriedades mecânicas dos sistemas CAD/CAM. Foi realizada uma busca por artigos científicos publicados entre os anos de 2010 e 2018, através das bases de dados SCIELO, BIREME e PUBMED, utilizando os descritores: “Ceramics”, “Computer Aided Design” e “Prótese Parcial Fixa”, além da análise de conteúdos de livros didáticos da área. Atualmente todos os sistemas cerâmicos parecem ter uma adequada resistência para reabilitações simples, mas as restaurações cerâmicas produzidas por sistemas CAD/CAM apresentam maior confiabilidade do que outros métodos de fabricação; apresentando maiores possibilidades de indicações devido aos seus maiores valores de resistência mecânica. Esta tecnologia embora apresente o custo como um fator limitante, está em pleno desenvolvimento, onde apresenta propriedades mecânicas suficientes e já é um recurso utilizado com frequência e com índices de sucesso que a qualificam como o estado da arte em reabilitação oral.

ABSTRAT

The computer aided design / computer aided manufacturing (CAD/CAM) system, is one of the most technological and modern resources in oral rehab today. It is an alternative that optimized the resistance and the adaptation of dental ceramics. In this way, its indications of use have been widened, making it more and more known and widespread. The aim of this study is to present a review of the literature about the mechanical properties of CAD/CAM systems. A search for scientific articles published between the years 2010 and 2018 was done, through the databases SCIELO, BIREME and PUBMED, using the descriptors: "Ceramics", "Computer Aided Design" and "Fixed Partial Prosthesis", besides the analysis content the textbooks in the area. Currently all ceramic systems appear to have adequate strength for simple rehabilitations, but ceramic restorations produced by CAD / CAM systems present greater reliability than other manufacturing methods; presenting greater possibilities of indications due to their higher values of mechanical resistance. These systems, besides their versatility, also present an excellent aesthetic result, guaranteeing restoration, appropriate optical properties such as translucency and fluorescence, similar to the dental structure. This technology although presenting the cost as a limiting factor, is in full development and it is already a frequently used resource and with success rates that qualify it as the state of art in oral rehabilitation.

SUMÁRIO

RESUMO-----	4
ABSTRAT-----	5
INTRODUÇÃO-----	7
METODOLOGIA-----	8
RESULTADOS-----	9
DISCUSSÃO-----	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	17
REFERÊNCIAS-----	17
ANEXOS-----	20

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o custo aumentado dos metais preciosos e o número de pacientes com expectativas estéticas cada vez maiores acarretaram uma crescente demanda por restaurações com aparência natural, de alta qualidade e fabricadas em curto espaço de tempo, impulsionando assim o desenvolvimento tecnológico e o surgimento de novos materiais cerâmicos¹⁰.

Trabalhar com estes conceitos outrora requeria grande quantidade de tempo, mas com a modernização do processo laboratorial associada a materiais e técnicas clínicas mais apuradas, as reabilitações passaram a ser desenvolvidas de forma padronizada, aumentando o desempenho sem, no entanto, perder a qualidade²⁰.

Dentro deste contexto, surgiu a tecnologia CAD/CAM (computer aided design/computer aided manufacturing), cuja sigla traduzida significa desenho auxiliado por computação e manufatura auxiliada por computação; um avançado sistema que permite a confecção de próteses baseadas em um sistema tridimensional de última geração⁷.

A implementação da tecnologia CAD/CAM com seus diversos sistemas, ajudou a surtir um efeito não só no sentido de uma “produção em série”, mas também num aperfeiçoamento do procedimento cirúrgico e das restaurações em geral. Estas tecnologias promovem interações dinâmicas dentro do fluxo de trabalho, assim como gera uma comunicação mais fidedigna entre a atividade clínica e a atividade laboratorial, através da troca de dados entre sistemas CAD/CAM⁷.

Trata-se de uma tecnologia introduzida na odontologia ao final da década de 70 por Bruce Altschuler, nos EUA, François Duret, na França, e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça².

Dois conceitos essenciais baseados em alta performance clínica podem definir e justificar o uso dos sistemas CAD-CAM: “odontologia minimamente invasiva”, que consiste em desgastes dentais mínimos e seletivos; e “zero ajuste em prótese”, que significa o mínimo possível de ajustes das restaurações cerâmicas realizadas clinicamente, sendo necessário, assim, um protocolo de comunicação eficiente com o técnico de prótese²⁰.

Toda a confecção de uma prótese por CAD/CAM segue os princípios de mimetização da dentição natural; o conhecimento e domínio sobre as funções e as

características destes se faz necessário para a identificação e avaliação da performance clínica de próteses sob CAD/CAM. Desta forma, as suas propriedades mecânicas são de fundamental importância na compreensão do comportamento mecânico do dente quando submetido a cargas mastigatórias. Além disso, as propriedades mecânicas da dentina podem ser influenciadas pela área investigada, pela orientação dos túbulos, pela densidade tubular e pela idade. A matriz colágena, por exemplo, contribui na resistência à tração de 25 a 30% na dentina radicular humana e 11 a 12% na dentina coronária humana³⁴.

Em um ensaio de flexão em 3 pontos (parte coronária, dentinária e radicular), quando o dente natural é submetido à uma carga é encontrado um valor de resistência flexural de 194,26 Mpa na dentina e o valor de 152,86 Mpa na porção coronária. Em relação ao valor da resistência flexural radicular é encontrado o valor de 224,86 Mpa. O fato da resistência flexural da dentina radicular humana ser significativamente maior que a resistência da dentina coronária se dá provavelmente devido ao alinhamento aproximadamente paralelo dos túbulos na dentina radicular e a relativa manutenção do seu diâmetro no longo eixo, proporcionando assim uma maior homogeneidade na distribuição das dentinas peri e intertubular e na orientação dos túbulos dentinários³⁴.

A resistência mecânica dos sistemas cerâmicos varia de acordo com suas características químicas e físicas. Os sistemas CAD/CAM incrementaram substancialmente a resistência das restaurações livres de metal o que implicou em aumento da longevidade destas. O estudo das propriedades mecânicas dos sistemas cerâmicos é fundamental para fortalecer a credibilidade e segurança nas suas indicações. O incremento na resistência aumentou as possibilidades de indicações destes materiais e otimizou os resultados estéticos, fundamentados em ensaios clínicos e laboratoriais executados com metodologias confiáveis e consagradas¹².

O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão da literatura sobre as propriedades mecânicas dos sistemas CAD-CAM.

METODOLOGIA

Foi realizada uma busca por artigos científicos publicados entre os anos de 2009 e 2018, nas línguas inglesa, espanhola e portuguesa, através das bases de dados SCIELO, BIREME e PUBMED, utilizando os descritores: “Ceramics”, “Computer

Aided Design” e “Prótese Parcial Fixa”, além da análise de conteúdos de livros didáticos da área. Foram encontrados 54 artigos dos quais foram selecionados 34 com base nas leituras dos títulos e resumos e excluídos os que não contemplaram algum método de avaliação das propriedades mecânicas desses sistemas.

RESULTADOS

O desenvolvimento do sistema CAD/CAM pelas empresas (Quadro 1) tem sido realizado baseado no sistema inicial de leitura, no software de planejamento (CAD) e o sistema de fresagem (CAM).

Sistemas	Empresa	Website
CEREC 3D® CEREC InLab®	Sirona Dental Systems GmbH, Alemanha	www.sirona.com
Procera®	Nobelbiocare AB, Suécia	www.nobelbiocare.com
Everest®	KaVo Dental GmbH, Alemanha	www.kavo-everest.com
Lava®	3MESPE, Alemanha	www.3m.com
DigiDent®	Hint-Els GmbH, Alemanha	www.hintel.com
Cercon®	Degudent GmbH, Alemanha	www.degudent.com
Evolution 4D®	D4D Technologie, EUA	www.d4dtech.com
Etkon®	Etkon, Alemanha	www.etkon.com
Precident DCS®	DCS, Suíça	www.dcs-dental.com
Pro 50®	Cynovad, Canadá	www.cynovad.com
Wol-Ceram	Wol-Dent, Alemanha	www.wolz dental.com

Quadro 1 - Alguns dos sistemas CAD/CAM mais avaliados e divulgados

Estes sistemas são compostos por um scanner de alta precisão, onde é realizada a obtenção de uma imagem no modelo ou até mesmo da própria arcada do paciente para o computador. Esta imagem virtual em 3D é trabalhada por um profissional capacitado que faz a construção de uma infraestrutura digital, e o desenho é feito em um programa de computador (software) exclusivo para este caso. Posteriormente a “peça” é encaminhada para a impressora, que é uma unidade fresadora, para, a partir de blocos pré-sintetizados, a partir do bloco de cerâmica. Em seguida a peça é finalizada com um polimento e posteriormente é aplicada em boca ⁸.

Em recente revisão sistemática (2015), com a inclusão de 67 casos clínicos utilizando CAD/CAM, taxas de fratura clínica de 5 anos até 18,4%, 5,5% e 1,7% foram relatadas para coroas feitas de cerâmica feldspática, cerâmica de vidro reforçada e zircônia densamente sinterizada, respectivamente ²⁷.

Pjetursson (2015) ²³ avaliou as taxas de fratura clínica de 5 anos em próteses dentárias fixas múltiplas, essas taxas aumentaram para 15,3% para vitrocerâmica reforçada e até 3,2% para zircônia densamente sinterizada.

Ao avaliar a degradação da resistência após fadiga em materiais cerâmicos confeccionados pelo processamento laboratorial convencional, pelo protocolo de 20.000 ciclos de fadiga à 0,5Hz de frequência, Belli e colaboradores ³¹ (2016) verificaram que Y-TZP (Zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria): 440 Mpa, dissilicato de lítio para CAD/CAM: 121 MPa e feldspática para CAD/CAM: 38 Mpa.

Em virtude das características de resistência, translucidez e diversidade de cores, a cerâmica vítrea à base de dissilicato de lítio pode ser usada para a fabricação de restaurações monolíticas ou infraestrutura para subsequente recobrimento. Os resultados clínicos de restaurações monolíticas CAD/CAM confeccionadas com cerâmicas vítreas reforçadas por dissilicato de lítio apontam uma taxa de longevidade de 97% após 7 anos ¹⁰.

Em estudo de Belli et al. ³¹ (2016), no período de 3,5 anos, 1,4% de 491 restaurações totalmente cerâmicas fraturaram. Quanto aos tipos de cerâmicas produzidas por CAD/CAM, para o período observado, o dissilicato de lítio apresentou taxa de sobrevivência inferior (presença de trincas ou fratura na peça protética) para as coroas unitárias (1,23% de falha) em comparação às onlays (0,71% de falha) e inlays (0,36% de falha). Em relação às próteses parciais fixas, não houve uma grande diferença na análise de sobrevivência entre a zircônia recoberta por dissilicato de lítio (3,93% de falha), a zircônia recoberta com porcelana (0,82% de falha) e a zircônia monolítica (nenhuma falha).

Em uma revisão de literatura, a resistência à flexão das cerâmicas feldspáticas apresentaram os menores valores em relação aos outros tipos de cerâmicas mencionadas. O dissilicato de lítio (DL) para injeção (e.max[®] Press) apresentou menor redução na resistência, com 29,6%; e o dissilicato de lítio para fresagem (e.max[®] CAD) apresentou 53,4%. A zircônia apresentou os maiores valores de resistência característica

(valores de tensão sob os quais se espera que 62,3% dos espécimes não tenham falhado)¹⁷.

Lima F. F.¹⁷ (2016) afirmou que os blocos monolíticos de cerâmicas reforçadas por dissilicato de lítio, após a fresagem, são cristalizadas a 840°C e os cristais de dissilicato de lítio crescem de maneira controlada, até atingir 70% do volume do material, o que confere a cor final e a desejada alta resistência, de cerca de 360MPa. Tal resultado é reafirmado por Mendes et. al.²⁰ (2017), onde este encontrou que essas cerâmicas vítreas de alta resistência ou reforçadas por dissilicato de lítio podem ter de 260 a 540 MPa de resistência flexural.

Fraga et al.¹² (2017) mostrou em imagens do FESEM (Field-emission Scanning Electron Microscope) defeitos na superfície da cerâmica da usinagem CAD/CAM, aumentando a rugosidade superficial e reduzindo significativamente a resistência à flexão (característica encontrada em todas as cerâmicas investigadas), porém quando foi realizado um polimento, tais rugosidades foram removidas e a hipótese experimental do aumento da resistência de cerâmicas produzidas por CAD/CAM foi aceita.

Fraga et al.¹² (2017) mostraram que a usinagem de corte duro reduziu em cerca de 27% a resistência flexural biaxial de uma cerâmica vítrea reforçada por leucita (128,20 MPa), quando comparada à usinagem seguida de polimento (177,2 MPa). Por meio de imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) da secção transversal dos discos, observou-se que a usinagem foi capaz de introduzir defeitos na superfície da cerâmica, os quais foram removidos com a realização do polimento. A rugosidade média do grupo usinado foi de 1,37 µm, enquanto do grupo usinado e polido foi de 0,04 µm.

Autores/ano	Tipo de Cerâmica	Estudo	Informações Relevantes	Resultados
Sailer et. al./2015	<ul style="list-style-type: none"> • Feldspática • cerâmica de vidro reforçada • zircônia 	Taxa de fratura de 5 anos (Presença de trincas ou fratura na peça protética)	67 estudos clínicos	<ul style="list-style-type: none"> • 18,4%, • 5,5% • 1,7%
Pjetursson et .al/2015	<ul style="list-style-type: none"> • vitrocerâmica a reforçada 	Taxa de fratura de 5 anos	Próteses dentárias fixas	<ul style="list-style-type: none"> • 15,3% • 3,2%

	<ul style="list-style-type: none"> • zircônia densamente sinterizada 	(Presença de trincas ou fratura na peça protética)	múltiplas	
Belli et. al/2016	<ul style="list-style-type: none"> • Coroas unitárias • Onlays • Inlays 	Estudo observacional clínico – 3,5 anos (Presença de trincas ou fratura na peça protética)	Coroas unitárias ou parciais fixas confeccionadas com dissilicato de lítio	<ul style="list-style-type: none"> • 1,23% • 0,71% • 0,36%
Belli et. al/2016	<ul style="list-style-type: none"> • Zircônia recoberta por dissilicato de lítio • Zircônia recoberta por porcelana • Zircônia monolítica 	Estudo observacional clínico – 3,5 anos (Presença de trinca ou fratura na peça protética)	Próteses parciais fixas	<ul style="list-style-type: none"> • 3,93% • 0,82% • nenhuma falha

Quadro 2 - Taxa de falha clínica em coroas confeccionadas por CAD/CAM

Autores/ano	Tipo de Cerâmica	Estudo	Informações Relevantes	Resultados
Fraga et. al/2017	Cerâmica vítrea reforçada por leucita	Resistência flexural biaxial	Corte duro X Usinagem seguida de polimento	<ul style="list-style-type: none"> • 128,20 Mpa • 177,2 MPa
Mendes et. al/2017	Cerâmicas vítreas de alta resistência ou reforçadas por dissilicato de lítio	Resistência flexural	Valores encontrados após a fresagem	260 a 540 MPa

Quadro 3 - Valores de coroas confeccionadas por CAD/CAM pós usinagem X usinagem e polimento

Complexo dentina-	Coroas por processamento	Coroas CAD/CAM
-------------------	--------------------------	----------------

esmalte	laboratorial convencional	
Morais L. C. et. al/2009 - Dentina: 194,26 Mpa - Porção coronária: 152,86 Mpa - Porção radicular: 224,86 Mpa	Belli et. al/2016 - Dissilicato de lítio: 121 MPa - Feldspática: 38 MPa - Zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria: 440 MPa	Lima F. F/2016 - Feldspáticas: 66 MPa - Feldspáticas Reforçadas por Leucita: 85 MPa - Dissilicato de lítio (e.max [®] Press): 360 Mpa - Zircônia: 768 MPa

Quadro 4 - Valores comparativos da resistência flexural do complexo dentina-esmalte, coroas confeccionadas pelo processamento laboratorial convencional e coroas CAD/CAM

DISCUSSÃO

As cerâmicas são materiais que não suportam quase nenhuma deformação elástica, conseqüentemente fraturam de maneira repentina e irreversível. Os defeitos presentes neste material poderão atuar como pontos de concentração de tensões, dando início a propagação de uma trinca quando a energia elástica armazenada exceder a energia requerida ¹².

De acordo com Lima F. F. ¹⁷ (2016), é notável o alto valor de resistência de flexão das cerâmicas dissilicato de lítio (e.max[®] Press) e das cerâmicas zircônia, sendo respectivamente os valores de 360 e 768 Mpa. Clinicamente, esses dois tipos de cerâmicas englobam e se encaixam em diversos tipos de aplicações clínicas (Quadro 4), diante disso é perceptível que coroas fresadas a partir do sistema CAD/CAM podem sim terem uma grande vantagem do seu uso em relação às propriedades mecânicas de coroas confeccionadas pela injeção ou prensagem, por exemplo.

	% (peso) fase vítrea	Estrutura cristalina	Composição	Indicação

e.max CAD	30%	Cristais de dissilicato de lítio de 0.5 a 4 micrometros	57-80% SiO ₂ , 11-19% LiO ₂ , 0-13% K ₂ O, P ₂ O ₅ , ZrO ₂ , ZnO, AL ₂ O ₃ , MgO e óxidos corantes	Inlays Onlays Facetas Coroas totais anteriores e posteriores Prótese fixas anteriores e posteriores, até o primeiro molar
IPS e.max Zircad	≅1%	Zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria	95% ZrO ₂ , 5% HfO ₂ + Al ₂ O ₃ + Y ₂ O ₃ + outros, óxido de ráfio + óxido de alumínio + óxido de ítrio	Infraestrutura de coroas Prótese parciais em todas as regiões

Quadro 5 - Composição e indicações da cerâmica reforçada por dissilicato de lítio

Belli et. al ³¹ (2016), encontraram que o valor das cerâmicas dissilicato de lítio confeccionadas por processamento laboratorial convencional foi de 121 Mpa, reafirmando o resultado encontrado por Lima F. F. ¹⁷ (2016), que a confecção por CAD/CAM aumenta significativamente a resistência de flexão do material cerâmico.

Belli et. al ³¹ (2016), observou também a falha de coroas em um estudo observacional de 3,5 anos, evidenciando baixo índice de fratura que essas cerâmicas podem sofrer, sendo o maior valor encontrado na zircônia recoberta por dissilicato de lítio com 3,93% de falha em um total de 491 próteses.

Fraga et. al ¹² (2017), explanaram que apenas a fresagem do CAD/CAM não é suficiente para a consolidação e garantia das propriedades mecânicas das cerâmicas odontológicas. Apesar do CAD/CAM possuir um índice menor de defeitos superficiais, ainda assim há a presença deles e pode haver a propagação ou o início de uma possível falha. Afirmaram também que a usinagem de corte duro reduziu em cerca de 27% a

resistência flexural biaxial de uma cerâmica vítrea reforçada por leucita, quando comparada à usinagem seguida de polimento.

Mendes et. al.²⁰ (2017), reafirmou os resultados encontrados em praticamente todos os estudos: o aumento da resistência flexural pelos sistemas CAD/CAM quando comparado com o método tradicional de confecção.

A resistência das cerâmicas depende do tamanho, número e distribuição de defeitos na zona de maior concentração de tensão de tração, bem como da capacidade do material de resistir à propagação rápida da trinca (tenacidade à fratura). Alguns exemplos de defeitos que podem ser encontrados nas cerâmicas são: poros, trincas, inclusões, além de defeitos superficiais decorrentes de desgaste e usinagem¹².

Diante dos constantes esforços que os materiais restauradores são submetidos dentro do meio bucal, na presença de umidade salivar, cargas e forças mastigatórias e alterações de temperatura e PH, as restaurações tendem a falhar por um fenômeno chamado fadiga, que significa a falha de um material sujeito a tensões ou deformações ao longo de um período de tempo¹².

O termo fadiga designa um processo progressivo de dano ocorrido em um material sujeito a tensões ou deformações ao longo de um período de tempo, resultando na propagação de trincas e na falha do material⁶.

Quanto ao estudo das propriedades mecânicas dos materiais cerâmicos, os ensaios de fadiga cíclica podem reproduzir uma condição mais próxima do que ocorre clinicamente. Dessa forma, pode-se adquirir e desenvolver uma visão clínica da constatação de possíveis variáveis que a prótese cerâmica pode sofrer em meio bucal¹².

Rachaduras tendem a se propagar pelos pontos de maiores tensões de tração. Embora uma restauração de cerâmica possa fraturar abruptamente a partir de uma única sobrecarga intensa, é mais provável que a falha ocorra cumulativamente após um período prolongado de eventos aparentemente inócuos, mas com carga mais baixa. Tais fraturas são manifestadas na literatura clínica como dados de 'tempo de vida' ou 'taxa de sobrevivência'³².

Quando é fabricado uma cerâmica monólito, resistentes a rachaduras, mas sem interferir nas propriedades estéticas, o objetivo é evitar interfaces fracas de folheado/núcleo, minimizando o risco de delaminação. Alguns exemplos de cerâmicas nessa condição são: vidro-cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max Press ou CAD by Ivoclar-Vivadent), zircônias com grãos finos (por exemplo, Lava Plus da 3M ESPE, Bruxzir da Glidewell, Allzir da New Image) e vidro infiltrado na superfície³².

Lima F. F.¹⁷ (2016) mostra que atualmente, a cerâmica reforçada por dissilicato de lítio também está disponível na forma de blocos parcialmente cristalizados para manufatura CAD/CAM (e.max[®] CAD, Ivoclar Vivadent[®]). Os blocos estão disponíveis em tamanho compatível ao de restaurações unitárias. A cristalização parcial, permite fresagem fácil e rápida. Nessa fase são formados cristais de metasilicato de lítio, responsáveis por propriedades de processamento mais favoráveis, embora a cerâmica já apresente alta resistência (de 130 a 150 MPa) e seja capaz de garantir margens íntegras.

Nesse contexto, também é notório o aumento da resistência flexural entre próteses confeccionadas por CAD/CAM e dentes naturais.

As fraturas ocorrem quando as tensões impostas a um determinado material são superiores as forças de coesão existentes entre os átomos que o compõem, ou seja, quando é submetido a tensões superiores ao seu limite de resistência à fratura. Os valores de resistência à fratura das cerâmicas odontológicas indicadas para a região posterior situam-se entre 160 e 1300 MPa. Considerando as áreas de contato em dentes posteriores, mesmo sob uma carga extrema de, por exemplo, 3.500N, as pressões de contato durante a máxima intercuspidação habitual alcançariam 55 MPa em mulheres e 67 Mpa em homens¹⁷ (Quadro 4).

	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência à flexão (MPa)	Tenacidade à fratura (MPa√m)
Cerâmicas Feldspáticas	45-70	66	0,7-1,1
Reforçadas por Leucita - adição de leucita à proporção de 35 a 45%	65-86	85	1,3
Reforçadas por Dissilicato de lítio	95-96	360	2,75 (Press) 2,25 (CAD)
Zircônia	210	768	5,5-7

Quadro 6 - Propriedades mecânicas das cerâmicas odontológicas (LIMA F. F.; 2016)

É preciso compreender que a resistência à fratura de um material pode ser diminuída pela ausência de defeitos ou trincas, muitas vezes imperceptíveis, que atuam como fatores de concentração de tensões. As falhas em cerâmicas são frequentemente associadas aos defeitos existentes ³².

Quando os valores de tensão se aproximam do valor de resistência de flexão, são observadas em estruturas monolíticas as chamadas trincas. Quando observadas por uma vista superior, apresentam um aspecto estrelado. As trincas radiais podem se propagar por toda espessura do material, atingir as paredes laterais ou penetrar no substrato sobre o qual o material cerâmico está cimentado. São apontadas como as prováveis responsáveis pelas falhas catastróficas (fratura completa) em coroas monolíticas ³².

Recentemente, devido ao desenvolvimento de materiais cerâmicos com propriedades mecânicas melhoradas, e pela praticidade introduzida pelos sistemas CAD/CAM, é possível a obtenção de estética e resistência. Materiais reforçados em camada única podem ser caracterizados com pintura extrínseca e apresentar desempenho estético satisfatório. Além de dispensar a cerâmica de revestimento, tais restaurações têm apresentado maior tenacidade aos esforços mastigatórios ¹⁷.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que blocos monolíticos pré-fabricados para CAD/CAM contribuem para uma menor concentração de defeitos, os quais ainda podem ser introduzidos durante a manipulação, em virtude de ajustes com instrumentos rotatórios, ou também da atividade mastigatória. Nesse contexto, também é notório o aumento da resistência flexural entre próteses confeccionadas por CAD/CAM quando comparada à dentes naturais, com exceção da cerâmica feldspática. As resistências mecânicas desses sistemas tendem à apresentar confiabilidade para as suas referidas indicações, contudo, são necessários mais estudos clínicos randomizados controlados com análises longitudinais incluindo diferentes variáveis biológicas para a consolidação do sucesso clínico destes materiais.

REFERÊNCIAS

1. Alexandre Maffei Sartini Paulillo, L., & Graciano Felizardo, M. (2015). AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS COMPOSTAS INDIRETAS CONFECCIONADAS ATRAVÉS DO SISTEMA CAD/CAM (p. 37588). XXIII Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP. <https://doi.org/10.19146/pibic-2015-37588>

2. Alves, V. M., de Oliveira, R. S., Cecilio, O. L., Neto, O. I., & Castro, S. H. D. (2017). VANTAGENS X DESVANTAGENS DO SISTEMA ADVANTAGES X DISADVANTAGES OF SYSTEM CAD / CAM. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research - BJSCR*, 18(1), 106–109. Retrieved from <http://www.mastereditora.com.br/bjscr>
3. André, J., Cardoso, P., Fernando, C., Leal, C., & Silva, D. A. (2006). CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa. *Revista de Odontologia Da UNESP*, 35(2), 183–190. <https://doi.org/10.1145/3025171.3025190>
4. Azar, B., Eckert, S., Kunkela, J., Ingr, T., & Mounajjed, R. (2018). The marginal fit of lithium disilicate crowns: Press vs. CAD/CAM. *Brazilian Oral Research*, 32(0), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1807-3107/2018.vol32.0001>
5. Bernardes, S. R., Tiossi, R., Sartori, I. A. de M., & Thomé, G. (2014). Tecnologia CAD / CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes: o que é, como funciona, vantagens e limitações. Revisão crítica da literatura. *Jornal ILAPEO*, 6(1). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/237064150%0ATecnologia>
6. Bonfante, E. A., & Coelho, P. G. (2016, March 29). A Critical Perspective on Mechanical Testing of Implants and Prostheses. *Advances in Dental Research*. SAGE PublicationsSage CA: Los Angeles, CA. <https://doi.org/10.1177/0022034515624445>
7. Campos, M. L., Valverde, Y. F., Cisneros, R., & Andamayo, D. C. (2017). Adaptación de cofias metálicas confeccionadas con das técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y fresado de bloque blando en CAD / CAM, 27(3), 163–175.
8. Carvalho, R. L. de A.; Faria, J. C. B. de; Carvalho, R. F. de; Cruz, F. L. G.; Goyta, F. dos R. Indicações, adaptação marginal e longevidade clínica de sistemas cerâmicos livres de metal: uma revisão da literatura. *International Journal of Dentistry*. Recife, v. 11, n. 1, jan./mar., 2012;
9. Carvalho, A. O., Bruzi, G., Giannini, M., & Magne, P. (2014). Fatigue resistance of CAD/CAM complete crowns with a simplified cementation process. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 111(4), 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.09.020>
10. Denry, I., & Kelly, J. R. (2014, December). Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of Dental Research*. International Association for Dental Research. <https://doi.org/10.1177/0022034514553627>
11. Dias, A. M. S., Miranda, J. S., & Godoy, G. C. (2009). Avaliação da tenacidade à fratura através do ensaio de indentação em pastilhas de metal duro. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 14(2), 869–877.
12. Fraga, S., Amaral, M., Bottino, M. A., Valandro, L. F., Kleverlaan, C. J., & May, L. G. (2017). Impact of machining on the flexural fatigue strength of glass and polycrystalline CAD/CAM ceramics. *Dental Materials*, 33(11), 1286–1297. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2017.07.019>;
13. Jeong, Y.-G., Lee, W.-S., & Lee, K.-B. (2018). Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 10(3), 245. <https://doi.org/10.4047/jap.2018.10.3.245>;
14. Leandro Augusto Hilgert, Josef Schweiger , Florian Beuer , Mauro Amaral Caldeira de Andrada , Élitó Araújo, D. E. (2010). Odontologia Restauradora com Sistemas CAD / CAM: O Estado Atual da Arte Parte 2 – Possibilidades Restauradoras e Sistemas CAD/CAM, (December 2014), 424–435.

15. Li, R. W. K., Chow, T. W., & Matinlinna, J. P. (2014, October 1). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *Journal of Prosthodontic Research*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2014.07.003>
16. Lim, K., Yap, A. U.-J., Agarwalla, S. V., Tan, K. B.-C., & Rosa, V. (2016). Reliability, failure probability, and strength of resin-based materials for CAD/CAM restorations. *Journal of Applied Oral Science*, 24(5), 447–452. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150561>
17. Lima, F. F. (2016). *Avaliação da resistência à fadiga e modalidades de danos de coroas unitárias de dissilicato de lítio e resina nanocerâmica*. Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo.
18. Molina, I. C. (2015). Resistência à Fadiga De Diferentes Restaurações De Resina Composta E Cerâmica Cad/Cam, Simulando O Complexo Dentina / Esmalte: Um Estudo in Vitro.
19. Nagarkar, S. R., Perdigo, J., Seong, W. J., & Theis-Mahon, N. (2018). Digital versus conventional impressions for full-coverage restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Dental Association*, 149(2), 139–147.e1. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2017.10.001>
20. Pádua, J. M. de, & Teles, R. F. (2017). *Cad/Cam No Laboratório e Na Clínica: a Odontologia Digital* (1^o Edição). Napoleão Livros.
21. Pérez, C. C., & Duque, J. V. (2010). CAD-CAM RESTORATIONS SYSTEMS AND CERAMICS: A REVIEW. *Fac Odontol Univ Antioq*, 22(1), 88–108.
22. Piccoli, A. C., Borba, M., Piccoli, A. C., & Borba, M. (2018). Influence of the fabrication method on the fracture behavior of all-ceramic prosthesis. *Cerâmica*, 64(370), 284–287. <https://doi.org/10.1590/0366-69132018643702371>
23. Pjetursson, B. E., Sailer, I., Makarov, N. A., Zwahlen, M., & Thoma, D. S. (2015). All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dental Materials*, 31(6), 624–639. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2015.02.013>
24. Porto, T., Roberto, R., Akkus, A., Akkus, O., Porto-Neto, S., Teich, S., ... Campos, E. (2016). Mechanical properties and DIC analyses of CAD/CAM materials. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 8(5), e512–e516. <https://doi.org/10.4317/jced.53014>
25. RAMOS, C. M. (2013). *Propriedades mecânicas e caracterização intrínseca de zircônia experimental para uso em sistemas CAD/CAM*.
26. Remacle, E. (1999). 3. L' Union europ é enne, acteur des relations internationales. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 3(4), 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.09.020>
27. Sailer, I., Makarov, N. A., Thoma, D. S., Zwahlen, M., & Pjetursson, B. E. (2015). All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). In *Dental Materials* (Vol. 31, pp. 603–623). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.02.011>
28. Stona, D. (2014). *Avaliação de resistência à fratura de coroas CAD-CAM sobre pilares sólidos [dissertação]*. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.
29. Suárez, M. J. J., Vernimmen, F. S., & MerchánI, E. A. R. (2015). Comparación de la precisión marginal de co as de zirconia. *Revista Odontológica Mexicana*, 19(4), 240–245.

30. Suputtamongkol, K., Anusavice, K. J., Suchatlampong, C., Sithiamnuai, P., & Tulapornchai, C. (2008). Clinical performance and wear characteristics of veneered lithia-disilicate-based ceramic crowns. *Dental Materials*, 24(5), 667–673. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.06.033>
31. U, Belli R; A, PetscheltB; HofnerJ; H. S. L. (2016). Fracture rates and lifetime estimations of CAD/CAM all-ceramic restorations. *Journal of Dental Research*, 95(1), 67–73;
32. Zhang, Y., Sailer, I., & Lawn, B. R. (2013, December). Fatigue of dental ceramics. *Journal of Dentistry*. NIH Public Access. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.007>;
33. Zhao, K., Wei, Y. R., Pan, Y., Zhang, X. P., Swain, M. V., & Guess, P. C. (2014). Influence of veneer and cyclic loading on failure behavior of lithium disilicate glass-ceramic molar crowns. *Dental Materials*, 30(2), 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.11.001>
34. Morais L. C., Barreto B. C. F., Campos R. E. (2009). AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO, MÓDULO FLEXURAL E RIGIDEZ DA DENTINA DE DENTES HUMANOS E BOVINOS. IBIC-UFU, CNPq & FAPEMIG. Universidade Federal de Uberlândia. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

ANEXO

REVISTA FULL SCIENCE

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO DE MANUSCRITOS:

A **Revista Full Dentistry in Science** utiliza o Sistema de Gestão de Publicação (SGP), um sistema on-line de submissão e avaliação de trabalhos.

- Para enviar artigos, acesse o site: www.editoraplena.com.br;
- Selecione a **Revista Full Dentistry in Science**, em seguida clique em “submissão online”.
- Para submissão de artigos é necessário ter os dados de todos os autores (máximo de seis por artigo), tais como: Nome completo, e-mail, titulação (máximo de duas por autor) e telefone para contato. Sem estes dados a submissão será bloqueada.

Seu artigo deverá conter os seguintes tópicos:

1. Página de título

- Deve conter título em português e inglês, resumo, abstract, descritores.

2. Resumo/Abstract

- Os resumos estruturados, em português e inglês, devem ter, no máximo, 250 palavras em cada versão;
- Devem conter a proposição do estudo, método(s) utilizado(s), os resultados primários e breve relato do que os autores concluíram dos resultados, além das implicações clínicas;
- Devem ser acompanhados de 3 a 5 descritores, também em português e em inglês, os quais devem ser adequados conforme o MeSH/DeCS.

3. Texto

- O texto deve ser organizado nas seguintes seções: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Referências e Legendas das figuras;
- O texto deve ter no máximo de 5.000 palavras, incluindo legendas das figuras, resumo, abstract e referências;
- O envio das figuras deve ser feito em arquivos separados (ver tópico 4);
- Também inserir as legendas das figuras no corpo do texto para orientar a montagem final do artigo.

4. Figuras

- As imagens digitais devem ser no formato JPEG ou TIFF, com pelo menos 7 cm de largura e 300 dpi de resolução. Imagens de baixa qualidade, que não atendam as recomendações solicitadas, podem determinar a recusa do artigo;
- As imagens devem ser enviadas em arquivos independentes, conforme sequência do sistema;
- Todas as figuras devem ser citadas no texto;
- Número máximo de 45 imagens por artigo;
- As figuras devem ser nomeadas (Figura 1, Figura 2, etc.) de acordo com a sequência apresentada no texto;

- Todas as imagens deverão ser inéditas. Caso já tenham sido publicadas em outros trabalhos, se faz necessária a autorização/liberação da Editora em questão.

5. Tabelas/Traçados e Gráficos.

- As tabelas devem ser autoexplicativas e devem complementar e não duplicar o texto;
- Devem ser numeradas com algarismos arábicos, na ordem em que são mencionadas no texto;
- Cada tabela deve receber um título breve que expresse o seu conteúdo;
- Se uma tabela tiver sido publicada anteriormente, inclua uma nota de rodapé dando o crédito à fonte original;
- Envie as tabelas como arquivo de texto e não como elemento gráfico (imagem não editável);
- Os traçados devem ser feitos digitalmente;
- Os gráficos devem ser enviados em formato de imagem e em alta resolução.

6. Comitês de Ética

- O artigo deve, se aplicável, fazer referência ao parecer do Comitê de Ética.
- A **Revista Full Dentistry in Science** apoia as políticas para registro de ensaios clínicos da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas (ICMJE), reconhecendo a importância dessas iniciativas para o registro e divulgação internacional sobre estudos clínicos com acesso aberto. Sendo assim, somente serão aceitos para publicação os artigos de pesquisas clínicas que tenham recebido um número de identificação, o ISRCTN, em um dos registros de ensaios clínicos, validados pelos critérios estabelecidos pela OMS e pelo ICMJE. A OMS define Ensaio Clínico como “qualquer estudo de pesquisa que prospectivamente designa participantes humanos ou grupos de humanos para uma ou mais intervenções relacionadas à saúde para avaliar os efeitos e os resultados de saúde. Intervenções incluem, mas não se restringem, a drogas, células e outros produtos biológicos, procedimentos cirúrgicos, procedimentos radiológicos, dispositivos, tratamentos comportamentais, mudanças no processo de cuidado, cuidado preventivo etc.”

Para realizar o registro do Ensaio Clínico acesse um dos endereços abaixo:

Registro no Clinicaltrials.gov

URL: <http://prsinfo.clinicaltrials.gov/>

Registro no International Standard Randomized Controlled Trial Number (ISRCTN)

URL: <http://www.controlled-trials.com>

Outras questões serão resolvidas pelo Editor-Chefe e Conselho Editorial.

7. Citação de autores

A citação dos autores será da seguinte forma:

7.1. Alfanumérica:

- Um autor: Silva²³ (2010)
- Dois autores: Silva;Carvalho²⁵ (2010)
- Três autores ou mais: Silva et al.²⁸ (2010)

7.2. Exemplos de citação:

1. - Quando o autor for citado no contexto:

Exemplo: “Nóbrega⁸ (1990) afirmou que geralmente o odontopediatra é o primeiro a observar a falta de espaço na dentição mista e tem livre atuação nos casos de Classe I de Angle com discrepância negativa acentuada”

2. - Quando não citado o nome do autor usar somente a numeração sobrescrita:

Exemplo: “Neste sentido, para alcançar o movimento dentário desejado na fase de retração, é importante que os dispositivos ortodônticos empregados apresentem relação carga/deflexão baixa, relação momento/força alta e constante e ainda possuam razoável amplitude de ativação¹”

8. Referências

- Todos os artigos citados no texto devem constar nas referências bibliográficas;
- Todas as referências bibliográficas devem constar citadas no texto;
- As referências devem ser identificadas no texto em números sobrescritos e numeradas conforme as referências bibliográficas ao fim do artigo, que deverão ser organizadas em ordem alfabética;
- As abreviações dos títulos dos periódicos devem ser normalizadas de acordo com as publicações “Index Medicus” e “Index to Dental Literature”.
- A exatidão das referências é de responsabilidade dos autores. As mesmas devem conter todos os dados necessários à sua identificação;
- As referências devem ser apresentadas no final do texto obedecendo às Normas Vancouver
(http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html);
- Não deve ser ultrapassado o limite de 35 referências.

Utilize os exemplos a seguir:

Artigos com até seis autores

Simplício AHM, Bezerra GL, Moura LFAD, Lima MDM, Moura MS, Pharoahi M. Avaliação sobre o conhecimento de ética e legislação aplicado na clínica ortodôntica. Revista Orthod. Sci. Pract. 2013; 6 (22):164-169

Artigos com mais de seis autores

Parkin DM, Clayton D, Black, RJ, Masuyer E, Friedl HP, Ivanov E, et al. Childhood - leukaemia in Europe after Chernobyl: 5 years follow-up. Br J Cancer.1996;73:1006-1012.

Capítulo de Livro

Verbeeck RMH. Minerals in human enamel and dentin.In: Driessens FCM, Woltgens JHM, editors. Tooth development and caries. Boca Raton: CRC Press; 1986. p. 95-152.

Dissertação, tese e trabalho de conclusão de curso

ARAGÃO, HDN, Solubilidade dos Ionômeros de Vidro Vidrion. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo. Bauru, SP; 1995 70p.

Formato eletrônico

Camargo ES, Oliveira KCS, Ribeiro JS, Knop LAH. Resistência adesiva após colagem e recolagem de bráquetes: um estudo in vitro. In: XVI Seminário de iniciação científica e X mostra de pesquisa; 2008 nov. 11-12; Curitiba, Paraná: PUCPR; 2008. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/index.php/PIBIC2008?dd1=2306&dd99=view>