

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra



**FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA**

**Propriedades mecânicas de resinas compostas diretas e
de blocos CAD/CAM de resina: Revisão sistemática**

Miguel Carrington de Lemos

Orientador: Doutor Ricardo António Bernardo Dias

Coimbra, Junho 2022

**Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina da Universidade
de Coimbra**

**Propriedades mecânicas de resinas compostas e blocos
CAD/CAM de resinas: revisão sistemática**

M. Lemos¹, R. Dias²

1). Estudante de Mestrado Integrado em Medicina Dentária; Faculdade de Medicina,
Universidade de Coimbra, Portugal

2) Assistente Convidado; Área de Medicina Dentária; Faculdade de Medicina, Universidade
de Coimbra, Portugal

Área de Medicina Dentária

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra Av. Bissaya Barreto, Bloco de Celas
3000-075 Coimbra, Portugal

Tel +351 239 249 151/2

Fax +351 239 402 910

E-mail: micha743@icloud.com

ÍNDICE

ABSTRACT.....	6
RESUMO.....	8
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
Critérios de elegibilidade	17
Fontes de informação e estratégia de pesquisa	18
Seleção da literatura	18
Recolha e processamento dos dados.....	18
Avaliação do risco de viés	19
RESULTADOS	20
Seleção dos estudos.....	20
Tabela 1 – Materiais utilizados nos estudos	22
Tabela 2 – Testes realizados nos materiais estudados	28
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÃO.....	44
AGRADECIMENTOS	45
BIBLIOGRAFIA	46

ABSTRACT

Introduction: In current clinical practice in dentistry, particularly in oral rehabilitation, the option for more conservative and less invasive techniques is advocated as the first line. In more challenging clinical situations, such as in cases of more pronounced dental wear as a result of bruxism, the literature proposes the use of direct or indirect composite resins for oral rehabilitation.

In this context, and since the option is composite resin, it is up to the dentist to select which material and technique to use. Thus, it is crucial to know the properties and evaluate the best cost/performance ratio, given the large quantity and variability of materials on the market for the direct and indirect technique.

Aim: The purpose of this review is to evaluate the results of the tests that composite resins have undergone, in order to facilitate the dentist's choice in cases of oral rehabilitation subject to high wear.

Materials and methods: The present systematic review was prepared according to the criteria provided in the PRISMA review protocol. The PICO question and objective of this review was defined as: "What is the difference between the properties of composite resins and composite resin CAD/CAM blocks used in the rehabilitation of teeth subjected to high wear?"

The literature search integrated in this systematic review was performed using the PubMed electronic database.

Results: In the 5 included articles the specimens were designed according to varying ISO standards and the tests, and subjected to flexural strength, flexural modulus, wear and Vickers hardness tests.

The study by *Yin et al. (2019)* used five CAD/CAM blocks, three hybrid ceramic, Amber Mill Hybrid, Vita Enamic, Katana Avencia, one composite resin based, Lava Ultimate and one vitro ceramic, Amber Mill. The study by *Lauvahutanon et al (2014)* tested four CAD/CAM blocks, one composite resin based, Block HC, Cerasmart and Gradia Block and Lava Ultimate, one hybrid ceramic, Vita Enamic and one ceramic, Vitablocks Mark II.

In *Mendonca et al. (2018)* they subjected four CAD/CAM blocks to testing, one composite resin based, Cerasmart one hybrid ceramic Vita Enamic, one vitro ceramic, IPS e.max CAD and one zirconia reinforced ceramic vitro, Vita Suprinity.

In the study of *Lawson et al. (2016)*, they used six CAD/CAM blocks, three composite resin-based, Paradigm MZ100 and Lava Ultimate, Cerasmart, one hybrid ceramic Vita Enamic, one ceramic vitro, IPS e.max CAD and one zirconia-reinforced ceramic vitro, Celtra Duo.

The study by *Araújo-Neto et al. (2020)* used six conventional bulk-fill composite resins, Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative, Forma Zirconia Nano-Hybrid Composite,

Charisma Diamond, Spectra Smart, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Cention N.

Conclusion: In both conventional composite resins and CAD/CAM composite resin blocks, the composition, content volume and polymerization methods influence their physical-mechanical properties.

In cases of dentition with marked wear, the choice of a material for the anterior esthetic zone should give preference to ceramics while for restorations in the posterior sector, subject to greater mechanical stress and potential wear, choose hybrid or composite resin-based materials. CAD/CAM allows the assurance of more stable materials with respect to composition and final properties, as well as precision of fit and reproducibility.

More studies are needed so that the clinician's choice can be based on better scientific evidence and not only on manufacturers' specifications.

Keywords: Mechanical properties, flexural strength, flexural modulus, wear tests, Vickers test, composite resins, CAD/CAM Blocks.

RESUMO

Introdução: Na prática clínica atual em Medicina Dentária, nomeadamente na reabilitação oral, advoga-se a opção pelas técnicas mais conservadoras e menos invasivas como primeira linha. Nas situações clínicas mais desafiantes, como nos casos de desgaste dentário mais acentuado em consequência do comportamento bruxómano, é proposta na literatura o recurso a resinas compostas diretas ou indiretas para a reabilitação oral.

Neste contexto e sendo a opção a resina composta, cabe ao Médico Dentista fazer a seleção de qual o material e técnica utilizar. Assim é crucial conhecer as propriedades e avaliar a melhor relação custo/desempenho, face à grande quantidade e variabilidade de materiais existentes no mercado para a técnica direta e indireta.

Objetivo: O objetivo da presente revisão é avaliar os resultados das testagens a que as resinas compostas foram submetidas, de forma a facilitar a escolha do Médico Dentista em casos de reabilitação oral sujeitos a grande desgaste.

Materiais e métodos: A presente revisão sistemática foi elaborada de acordo com os critérios previstos no protocolo de revisões PRISMA. Foi definida como questão PICO e objetivo desta revisão: “Qual a diferença entre as propriedades das resinas compostas e blocos de CAD/CAM de resina composta utilizadas na reabilitação de dentes sujeitos a elevado desgaste?”

A pesquisa da literatura integrada nesta revisão sistemática foi realizada através da base de dados eletrónica PubMed.

Resultados: Nos 5 artigos incluídos as amostras foram concebidas de acordo com normas ISO variadas e os testes, e submetidos a testes de resistência à flexão, modulo de flexão, desgaste e dureza de Vickers.

O estudo de *Yin et al. (2019)* utilizou cinco blocos CAD/CAM, três de cerâmica híbrida, Amber Mill Hybrid, Vita Enamic, Katana Avencia, um à base de resina composta, Lava Ultimate e uma vitro cerâmica, Amber Mill. O estudo de *Lauvahutanon et al (2014)* foram testados quatro blocos CAD/CAM, um à base de resina composta, Block HC, Cerasmart e Gradia Block e Lava Ultimate, um de cerâmica híbrida, Vita Enamic e um de cerâmica, Vitablocks Mark II.

No de *Mendonca et al. (2018)* submeteram quatro blocos CAD/CAM aos testes, um à base de resina composta, Cerasmart um de cerâmica híbrida Vita Enamic, um vitro cerâmico, IPS e.max CAD e um vitro cerâmico reforçado com zircónia, Vita Suprinity.

No estudo de *Lawson et al. (2016)*, utilizaram seis blocos CAD/CAM, três à base de resina composta, Paradigm MZ100 e Lava Ultimate, Cerasmart, um de cerâmica híbrida Vita Enamic, um vitro cerâmico, IPS e.max CAD e um vitro cerâmico reforçado com zircónia, Celtra Duo.

O estudo de *Araújo-Neto et al. (2020)* utilizou seis resinas compostas convencionais *bulk-fill*, Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative, Forma Zirconia Nano-Hybrid Composite, Charisma Diamond, Spectra Smart, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Cention N.

Conclusão: Tanto nas resinas compostas convencionais, como nos blocos de CAD/CAM de resina composta, a composição, o volume de conteúdo e os métodos de polimerização influenciam as suas propriedades físico-mecânicas.

Nos casos de dentição com desgaste acentuado, a escolha de um material para a zona estética anterior deve dar primazia às cerâmicas enquanto que para restaurações no setor posterior, sujeitos a maior sobrecarga mecânica e potencial desgaste, optar pela escolha de matérias híbridos ou à base de resina composta. O CAD/CAM permite a garantia de materiais mais estáveis relativamente à composição e propriedades finais, assim como precisão de adaptação e reprodutibilidade.

Mais estudos são necessários para que a escolha do clínico se possa basear numa melhor evidência científica e não só nas especificações dos fabricantes.

Palavras Chave: Propriedades mecânicas, testes de flexão, testes de desgaste, teste de Vickers, resinas compostas, blocos CAD/CAM.

INTRODUÇÃO

Na prática clínica atual em Medicina Dentária, nomeadamente na reabilitação oral, advoga-se a opção pelas técnicas mais conservadoras e menos invasivas como primeira linha. A evolução verificada nas técnicas adesivas veio consolidar e viabilizar esta opção restauradora, quer no recurso a opções restauradoras diretas, quer indiretas. Através de preparações dentárias mais conservadoras é possível restaurar e recuperar a estrutura dentária, integrando-a funcionalmente e de forma biomimética.

Nas situações clínicas mais desafiantes, como nos casos de desgaste dentário mais acentuado em consequência do comportamento bruxómano, é proposta na literatura o recurso a resinas compostas diretas ou indiretas para a reabilitação oral. Estas são apresentadas em alternativa às cerâmicas, por apresentarem características potenciais que as tornam menos frágeis e potencialmente menos vulneráveis à fratura e insucesso, e na mesma medida mais facilmente reparáveis.

Neste contexto e sendo a opção a resina composta, cabe ao Médico Dentista fazer a seleção de qual o material e técnica utilizar. Assim é crucial conhecer as propriedades e avaliar a melhor relação custo/desempenho, face à grande quantidade e variabilidade de materiais existentes no mercado para a técnica direta e indireta.

Além das resinas compostas diretas convencionais, a introdução da tecnologia CAD/CAM na Medicina Dentária permitiu o surgimento de novos materiais para a confecção indireta, nomeadamente blocos de resina composta com características e propriedades promissoras.

Em 1940 foram introduzidas na Medicina Dentária conservadora as resinas compostas, com o objetivo de minimizar as falhas das resinas acrílicas que tinham substituído os cimentos de silicato. Em 1955, Buonocore utilizou ácido ortofosfórico de forma a melhorar a adesão ao esmalte das resinas acrílicas. Em 1962 Bowen numa tentativa de melhorar as propriedades físicas das resinas acrílicas, desenvolveu o monómero Bis-GMA, em que os seus monómeros apenas permitiam a formação de polímeros de cadeia linear. Existiam ainda, nestes compósitos autopolimerizáveis, problemas com as proporções, processos de mistura e estabilidade da cor, surgindo, em 1970, os materiais compostos polimerizados quando submetidos a radiação eletromagnética, sendo assim eliminada a mistura e seus inconvenientes. A energia luminosa utilizada inicialmente foi a luz ultravioleta (365 nm) sendo substituída, devido à sua polimerização superficial e efeitos secundários iatrogénicos, por uma

luz visível (427 – 491 nm) ainda hoje utilizada e em desenvolvimento associada à tecnologia LED. [1,2]

As resinas compostas são constituídas por três materiais quimicamente diferentes: a matriz orgânica; a matriz inorgânica e um organossilano (agente de ligação entre a matriz orgânica e a inorgânica). A matriz orgânica é constituída por um sistema de monómeros mono, di ou trifuncionais e um elemento iniciador da polimerização (radical livre, sendo a canforoquinona nas resinas compostas fotopolimerizáveis).

Regra geral, quanto menor for a combinação de monómeros maior será a percentagem de contração de polimerização, dependendo esta da matriz orgânica. Este efeito negativo levou a indústria dos materiais dentários a testar uma grande variedade de monómeros, continuando a ser o Bis-GMA/TEGDMA, ou uma combinação Bis-GMA/UEDMA/TEGDMA à matriz orgânica, o alvo de maior estudo e desenvolvimento.

A matriz inorgânica corresponde a um material de preenchimento. Esta determina as propriedades físicas e mecânicas do compósito, através da sua adição à matriz orgânica, sendo o objetivo fundamental a incorporação da maior percentagem possível de material de preenchimento. Este reduz o coeficiente de expansão térmica e a contração da fotopolimerização, proporciona radiopacidade, melhora o manuseamento e os resultados estéticos. [1,2]

O sucesso de uma restauração dentária está dependente da adaptação marginal, biocompatibilidade, estética e resistência mecânica. [3]

As resinas compostas no seu manuseamento e adaptação à estrutura dentária carecem de um protocolo minucioso, requerendo um campo seco, condicionamento ácido e sistema adesivo para melhor coesão ao esmalte e dentina; e idealmente uma espessura incremental de 2 mm para que seja garantida a difusão da luz de polimerização e a contração seja a menor possível. Este requisito, principalmente em restaurações mais profundas, além de relativamente sensível aumenta o tempo de trabalho.

Recentemente foram desenvolvidas resinas compostas *bulk-fill* que ambicionam modificar a técnica de estratificação até hoje preconizada, permitindo assim incrementos de 4-6 mm de uma só vez. Embora a técnica permita incrementos de maior dimensão e o comprimento do percurso da luz de polimerização até ao fundo da restauração também conseqüentemente maior, os fabricantes afirmam que a contração de polimerização é menor que nas resinas compostas convencionais. Esta característica tem contribuído para a popularidade destes compósitos *bulk-fill*. [4,5]

Na Medicina Dentária minimamente invasiva, as resinas compostas são os materiais restauradores dentários mais utilizados, seguindo os princípios desta prática e oferecendo uma aparência estética agradável. Na cavidade oral, um material restaurador está sujeito a um inevitável desgaste. Este material deve possuir idealmente propriedades de desgaste semelhantes às dos tecidos dentários. [4]

As resinas compostas tornaram-se inestimáveis no tratamento restaurador de dentes afetados por erosão, abrasão ou desgaste. Podem resistir à ação erosiva dos agentes químicos, mas os hábitos parafuncionais que geram sequelas graves na estrutura dentária, são altamente prejudiciais às restaurações causando fraturas e desgaste acentuado. [6]

O desgaste das resinas compostas presentes em boca é um fenómeno multifatorial, dependendo de fatores como características e posição dos dentes, o tipo de material, o tamanho da cavidade da restauração, a fisiologia da oclusão e a natureza dos dentes oponentes. A absorção de água é um parâmetro que afeta de forma negativa a resistência dos materiais resinosos, pois provoca um enfraquecimento na ligação da matriz orgânica com a matriz inorgânica. Deste facto resulta uma degradação da estrutura dos materiais restauradores, levando a uma decomposição hidrolítica mais rápida devido à ação das enzimas da saliva.[6]

O desgaste do esmalte está estimado em cerca de 0,02-0,04 mm verticalmente por ano, em condições fisiológicas. Se esta quantidade aumenta e a taxa de desgaste acelera, o Médico Dentista está perante um desafio, uma vez que a perda de superfície patológica pode ter um impacto grave e influenciar a estabilidade ortopédica do sistema estomatognático, a capacidade funcional, a estética e, em consequência, a qualidade de vida dos pacientes. [4; 6; 7]

Apesar das melhorias nas propriedades mecânicas das resinas compostas, o desgaste continua a ser um grande problema, especialmente em doentes com atividades parafuncionais. Dentro destas e como referido anteriormente, destaca-se o bruxismo, que é um comportamento caracterizado pela atividade aumentada da musculatura mastigatória, em indivíduos saudáveis, que pode acontecer no sono e/ou na vigília, e que pode culminar em movimentos do tipo aperto dentário, ranger dos dentes e/ou manutenção da mandíbula tensa, sem os dentes em contacto. O bruxismo induz uma sobrecarga nas estruturas periodontais, dentárias, articulares e musculares, podendo ser fator de risco para o desenvolvimento de disfunções da articulação temporomandibular. A força de mordida é controlada a nível esquelético, neuromuscular e dentário, sendo que a força de mordida registada varia entre 777.7 ± 78.7 N e 1692 N em diversos estudos. [8]

O avanço tecnológico significativo verificado nos últimos anos, além de procurar satisfazer as exigências estéticas dos pacientes, tem tentado melhorar as propriedades físicas e mecânicas

dos materiais apresentados. As modificações mais importantes envolvem a produção de compósitos com um melhor polimento na superfície e resistência ao desgaste. [6,7]

As últimas três décadas foram marcadas por grandes avanços tecnológicos na Medicina Dentária, principalmente nas áreas de estética e restauração. Estes avanços devem-se à evolução da tecnologia informática, tecnologia de restauração dentária e materiais restauradores, que permitiram o desenvolvimento de sistemas de fabrico assistidos por computador CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing), processamento e conceção de imagens, e fresagem/impressão 3D. [9]

Os sistemas CAD/CAM foram desenvolvidos nos anos 60 para utilização nas indústrias automóvel e aeronáutica. Foram adaptados e utilizados em Medicina Dentária, pela primeira vez, uma década mais tarde, conquistando a partir daí uma rápida popularidade e importância. Médicos dentistas como o francês François Duret, o suíço Werner Mörmann, os americanos Diane Rekow e os suecos Matts Andersson foram dos grandes impulsionadores do desenvolvimento desta tecnologia.

Em 1971, Duret iniciou o desenvolvimento de um dispositivo CAD/CAM que fresava coroas com base numa impressão ótica do dente pilar, tendo produzido a primeira restauração dentária em 1983. Em Novembro de 1985 demonstrou, no Congresso Internacional da Associação Dentária Francesa, o seu sistema realizando em menos de uma hora uma coroa para uma restauração posterior na sua esposa. Mais tarde desenvolveu o sistema Sopha.

Em parceria com o Marco Brandestini, engenheiro electrotécnico, Mörmann criou o primeiro sistema comercial CAD/CAM, com a ideia de utilizar a ótica para a digitalização dentária. Em 1985 criaram o dispositivo CEREC, acrónimo de Computer-assisted ceramic reconstruction, em que combinaram a digitalização ótica e o dispositivo de fresagem para confeccionar o primeiro *inlay*. [10; 11]

Os primeiros blocos CAD/CAM, lançados em 1985, apresentavam uma resistência à flexão de 120MPa e eram destinados ao fabrico de *inlays*, *onlays* e facetas.

Rekow, em meados da década de 1980, trabalhou um sistema CAD/CAM concebido para adquirir dados utilizando fotografias e *scanners* de alta resolução para fresar restaurações através de um equipamento de 5 eixos.

O método Procera, também conhecido como NobelProcera (Nobel Biocare, Zurique, Suíça) foi desenvolvido por Andersson, em 1983, em que eram fabricadas coroas dentárias em alta precisão. Foi também o primeiro a realizar facetas em compósito com sistemas CAD/CAM.

Em 1991 foram desenvolvidos blocos cerâmicos com 30% de volume de finos cristais de leucite, melhorando assim as características relativamente à abrasão e tornando-se mais próximas à do esmalte.

Em 2000 foi lançado o primeiro bloco de resina composta para sistemas CAD/CAM, sendo originalmente polimerizado por luz utilizando processos de fábrica. Em paralelo com a evolução dos blocos cerâmicos de CAD/CAM, a tecnologia da resina composta também teve progressos significativos ao desenvolver resinas compostas nano híbridas e nano particuladas.

Inicialmente a tecnologia CAD/CAM permitiu a obtenção de *inlays*, *onlays*, facetas e coroas, e mais recentemente é capaz de produzir próteses parciais fixas e totais fixas dento ou implanto suportadas, assim como pilares de implantes, próteses removíveis, guias, etc. e. Um exemplo mais recente da utilização de CAD/CAM noutra área da Medicina Dentária, no caso a Ortodontia, é a obtenção de alinhadores dentários, como o sistema Invisalign (Align Technology, Inc, Santa Clara, CA, EUA). Neste tratamento, o sistema concebe e fabrica múltiplos aparelhos transparentes e removíveis para produzir movimentos nos dentes. [10;11;12; 13]

A tecnologia CAD/CAM é um recurso passível de ser utilizado quer em laboratório, quer em consultório dentário, tendo vindo a evoluir e a ser desenvolvida de forma a resolver 3 desafios major. O primeiro, assegurar a adequada resistência da restauração principalmente em dentes posteriores. O segundo consistia em criar restaurações com a aparência mais natural possível. O terceiro baseava se em acelerar, facilitar e tornar mais precisa a restauração dentária, sendo que em alguns casos proporciona aos pacientes a restauração no mesmo dia. Em todo o mundo, mais de 30000 dentistas possuem sistemas de digitalização e fresagem, tornando o CAD/CAM cada vez mais popular nos consultórios dentários. Estima-se já terem sido concluídas mais de 15 milhões de restaurações, só com o sistema *chairside* CEREC. [11;12; 14]

Como referido anteriormente, tanto os materiais cerâmicos, vitro-cerâmicos e resinas compostas são possíveis de ser utilizadas no fabrico de restaurações indiretas CAD/CAM. Embora o material cerâmico apresente características estéticas e mecânicas superiores às das resinas compostas, estas últimas estão cada vez mais disponíveis na fresagem subtrativa de CAD/CAM, sob a forma de blocos fabricados industrialmente de forma homogênea. Comparativamente com resinas compostas diretas, estes blocos têm vindo a demonstrar características superiores. [13; 14; 15;]

As propriedades dos materiais como a sua composição, estrutura e tipos de ligações estão sob constante estudo por parte dos fabricantes, de forma a obter melhores resultados a nível do módulo de flexão, resistência à flexão, dureza e propriedades óticas, tentando combinar as propriedades vantajosas da cerâmica (como a durabilidade e estabilidade de cor) com as das

resinas compostas (propriedades de flexão e baixa resistência ao desgaste). Por conseguinte a decisão de escolher o material adequado para cada indicação tornou-se um desafio. [9; 10]

Com a evolução da tecnologia, os preços descem e os Médicos Dentistas vão ficando mais familiarizados com os sistemas digitais, pelo que é de esperar uma cada vez maior utilização do CAD/CAM na Medicina Dentária, tornando-se um padrão. [11; 16]

Os materiais estão também sempre em evolução e investigação, para que sejam encontradas as melhores propriedades mecânicas possíveis e se assemelhem ao máximo com o esmalte e dentina numa perspetiva biomimética. Desta forma, o sucesso clínico advém de uma ligação adequada entre preparação e restauração, boas propriedades mecânicas e boa adaptação interna. De modo a ter uma visão do comportamento dinâmico dos materiais sob tensão oclusal simulada, são realizados testes laboratoriais de resistência à flexão, módulo de flexão e módulo de resiliência, teste de desgaste, teste de dureza de Vickers e integridade marginal. [8; 9; 17; 18]

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura relativa à comparação entre resinas compostas diretas e resinas compostas CAD/CAM. Desta forma sistematizar e fundamentar adequadamente a opção relativa ao material restaurador, no momento da reabilitação de dentes com desgaste dentário acentuado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente revisão sistemática foi elaborada de acordo com os princípios definidos pelo protocolo PRISMA, tendo como objetivo responder à seguinte questão PICO: “Qual a diferença entre as propriedades das resinas compostas diretas e blocos de CAD/CAM de resina composta, utilizadas na reabilitação de dentes sujeitos a elevado desgaste?”

Critérios de elegibilidade

A literatura incluída na presente revisão sistemática foi selecionada recorrendo à estratégia PICO:

População (Population): Dentes com desgaste elevado.

Intervenção (Interventions): Restaurações diretas e indiretas com materiais à base de resina composta

Comparação (Comparison): Comparação das taxas de sucesso entre resinas compostas convencionais e blocos de CAD/CAM de resina composta.

Resultados (Outcomes): Capacidade de resistência dos materiais ao desgaste dentário.

Critérios de inclusão

- Estudos in vitro de propriedades mecânicas de resinas compostas diretas;
- Estudos in vitro de propriedades mecânicas de blocos de CAD/CAM
- Estudos in vitro comparativos de propriedades mecânicas de resinas compostas convencionais e blocos de CAD/CAM
- Publicações em inglês
- Artigos publicados entre Janeiro de 2014 e Junho de 2022

Critérios de exclusão:

- Estudos clínicos realizados em animais, in vitro, histológicos e microscópicos
- Revisões sistemáticas, meta-análises

Fontes de informação e estratégia de pesquisa

A pesquisa da literatura integrada nesta revisão sistemática foi realizada através da base de dados eletrônica PubMed. As palavras-chave e os conectores booleanos de pesquisa foram adaptadas para cada uma das bases de dados utilizadas, sendo atualizadas pela última vez a 10 de Junho de 2022.

PubMed (Medline):

("Mechanical Properties"[All Fields] OR "Flexural Strength"[All Fields] OR "Flexural Modulus"[All Fields] OR "Elastic Modulus"[All Fields] OR "Dental Wear Test"[All Fields] OR "Vickers Hardness Test"[All Fields]) AND ("Resin Composites"[Mesh] OR "CAD/CAM Blocks"[Mesh]) OR ("Hybrid Ceramics"[All Fields] OR "CAD/CAM Resin Blocks"[All Fields] OR "Efficiency" [All Fields])

Seleção da literatura

Posteriormente à pesquisa, todos os artigos encontrados foram exportados para um software de gestão de referências ("Mendeley Reference Manager") de modo a iniciar a triagem da literatura. O primeiro passo foi eliminar os artigos duplicados. De seguida, os títulos e resumos de todos os artigos foram avaliados consoante a pergunta PICO. Os estudos que não se enquadravam nos critérios de inclusão previamente definidos foram removidos. Posteriormente, o texto completo dos artigos remanescentes foi avaliado, sendo que os estudos que não se enquadravam nos critérios de inclusão foram igualmente excluídos.

Recolha e processamento dos dados

Após a seleção dos estudos incluídos na presente revisão sistemática, os seguintes dados foram extraídos: autor, composição dos materiais, tamanhos das amostras, testes efetuados, dados dos testes efetuados, conclusões dos autores.

Tendo em conta a grande diversidade de parâmetros e metodologias utilizadas relativamente ao estudo das propriedades mecânicas das resinas compostas e blocos de CAD/CAM, apenas foram recolhidos os dados relativos aos testes de interesse para a pergunta PICO.

Avaliação do risco de viés

A avaliação dos estudos foi executada de acordo com a ferramenta Cochrane de avaliação de risco de viés (Cochrane Risk of Bias Tool). Esta ferramenta considera a seleção da análise, o co-financiamento, a mensuração das variáveis e a seleção dos resultados reportados para avaliar a sua qualidade. A qualidade de cada estudo pode ser classificada como boa (+), baixa (-) ou incerta (?).

Risco de Viés

Estudo	Seleção da análise	Co-financiamento	Quantificação das variáveis em estudo	Seleção dos resultados reportados
<i>Yin et al.</i>	+	-	-	-
<i>Lauvahutanon et al.</i>	?	+	-	-
<i>Mendonca et al.</i>	+	-	-	-
<i>Lawson et al.</i>	+	+	-	-
<i>Araújo-Neto et al.</i>	?	-	-	-

RESULTADOS

Seleção dos estudos

A pesquisa realizada no motor de busca eletrônico resultou 308 resultados. Destes, foram eliminados 232 por não realizarem testes às propriedades mecânicas ou serem revisões sistemáticas. Posteriormente, fez-se a examinação leitura e análise dos títulos e resumos dos artigos remanescentes. Destes foram selecionados 9 que respondiam aos critérios de inclusão/exclusão definidos. Os textos completos destes artigos foram avaliados, sendo, por fim, incluídos 5 estudos na presente revisão sistemática. A figura 1 resume os resultados da pesquisa e seleção de artigos realizada, de acordo com o protocolo PRISMA.

Identification of studies via databases and registers

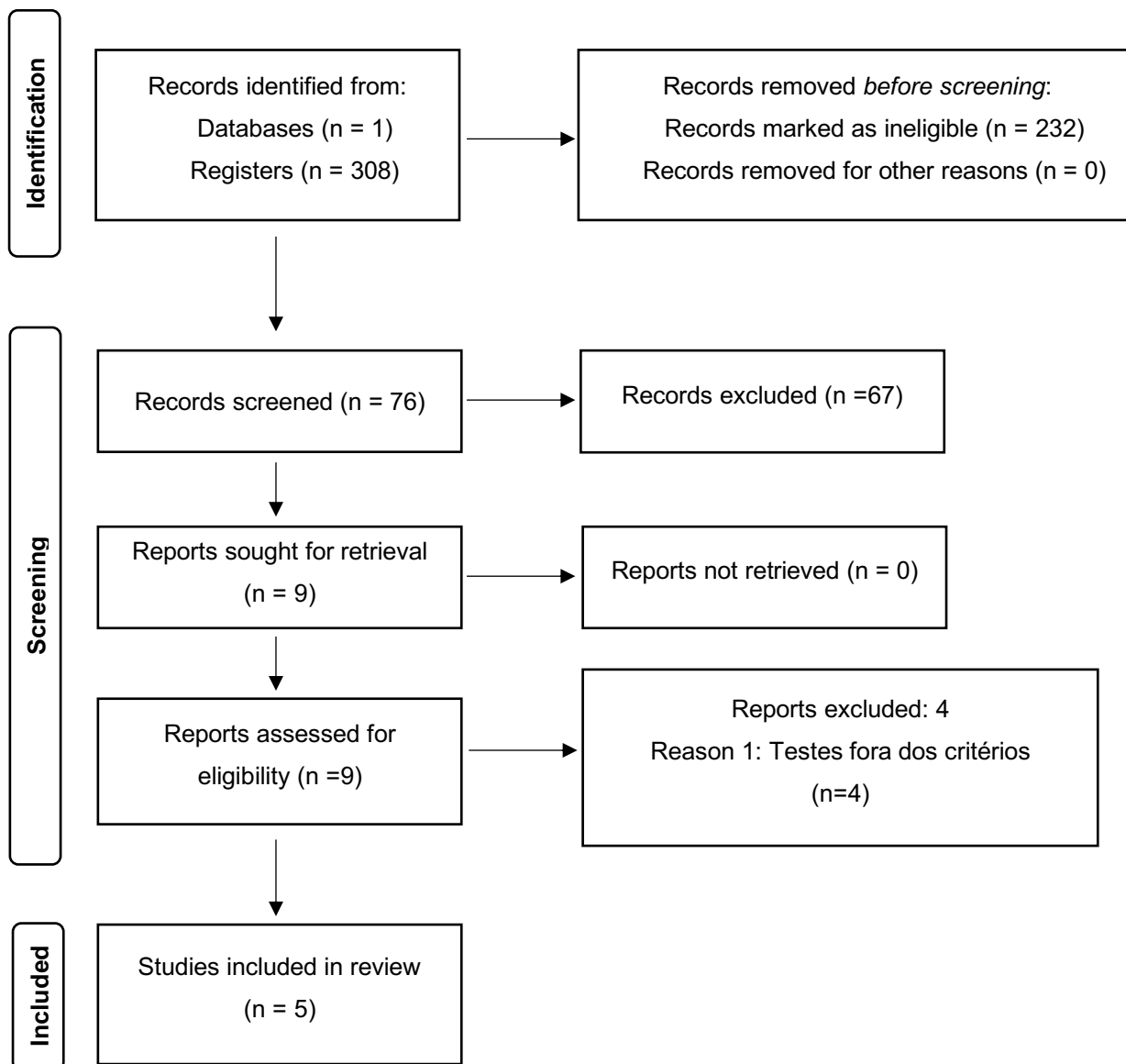


Figura 1 – Diagrama “PRISMA” utilizado para selecionar os estudos pretendidos

Tabela 1 – Materiais utilizados nos estudos

Estudo	Material	Código	Fabricante	Cor e Lote	Tipo de material	Composição	Porcentagem de material inorgânico (%)
<i>Yin et al. (2019)</i>	Amber Mill Hybrid	AH	Hass, Kangreung, Korea	Protótipo	Cerâmica híbrida	UDMA, TEGDMA; Crystalline glass	76
	Vita Enamic	VE	Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	2M2-T (754101)	Cerâmica híbrida	UDMA, TEGDMA; Feldspar ceramic enriched with aluminum oxide	86
	Katana Avencia	KA	Kuraray Noritake, Tokyo, Japan	A2-LT (00015)	Cerâmica híbrida	UDMA, methacrylate monomer; SiO ₂ (40 nm), Al ₂ O ₃ (20nm)	62
	Lava Ultimate	LU	3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	A2-HT (N826384)	Nano-cerâmica de resina	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGMA; SiO ₂ (20 nm), ZrO ₂ (4-11 nm), ZrO ₂ /SiO ₂ clusters	80
	Amber Mill	AM	Hass, Kangreung, Korea	A2(EBE06KJ0202)	Vitro cerâmica	Crystalline Lithium disilicate ceramic	-

<i>Lauvahutanon et al. (2014)</i>	Block HC	BLO	Shofu Inc., Kyoto, Japan	A2-LT/M (111301)	Resina composta	UDMA, TEGDMA; Silica powder, micro fumed silica, zirconium silicate	61
	Cerasmart	CER	GC Corp., Tokyo, Japan	A3 LT/14 (1308261E)	Resina composta	Bis-MEPP, UDMA, DMA; Silica (20nm), barium glass (300nm)	71
	Gradia Block	GRA	GC Corp., Tokyo, Japan	A3/14 (1308012)	Resina composta	UDMA, methacrylate polymer; Silica, Al- silicate glass, prepolymerized filler	76
	Lava Ultimate	ULT	3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	A3-HT/14L (N494437)	Resina composta	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA; SiO ₂ (20nm), ZrO ₂ (4- 11nm), aggregated ZrO ₂ /SiO ₂ cluster (SiO ₂ =20nm, ZrO ₂ =4-11nm)	80
	Vita Enamic	ENA	Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	2M2T/EM-14 (37740)	Cerâmica híbrida	UDMA, TEGDMA; Feldspar ceramic enriched with aluminum oxide	86

<i>Lauvahutanon et al. (2014)</i>	Vitablocks Mark II	VIT	Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	A3C/I14 (07BY0803)	Cerâmica feldspática	Feldspathic crystalline particles in glassy matrix	-
<i>Mendonca et al. (2018)</i>	IPS e.max CAD	LD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Informação indisponível	Vitro cerâmica	Lithium disilicate	
	Vita Suprinity	ZLS	Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	Informação indisponível	Vitro cerâmica reforçada com zircónia	Lithium silicate reinforced by zirconia	
	Vita Enamic	PICN	Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	Informação indisponível	Cerâmica híbrida	Polymer-infiltrated-feldspathic ceramic-network material 86% ceramic by weight	
	Cerasmart	HPP	GC Corp., Tokyo, Japan	Informação indisponível	Resina composta	71% silica and barium glass nanoparticles by weight	

<i>Lawson et al. (2016)</i>	Paradigm MZ100		3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	A2	Resina composta	Informação indisponível	
	Cerasmart		GC America	A2LT	Resina composta	Informação indisponível	
	Lava Ultimate		3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	A2LT	Resina composta	Informação indisponível	
	Vita Enamic		Vita Zahnfabrik, H. Rauter GmbH, Bad Säckingen, Germany	1M2 Translucent	Cerâmica híbrida	Informação indisponível	
	Celtra Duo		Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA	A2LT	Vitro cerâmica reforçada com zirconia	Informação indisponível	
	IPS e.max CAD		Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	A2LT	Vitro cerâmica	Informação indisponível	

<i>Araújo-Neto et al. (2020)</i>	Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative	FS	3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	N697117	Resina composta convencional Bulk-Fill	Silane treated ceramic; silane treated silica; UDMA; Bis-EMA; Bis-GMA; silane treated zirconia; PEGDMA; TEGDMA.	20 nm (silica); 4–11 nm (zirconia); 0.6–20 µm (silica-zirconia cluster fillers) (63.3 vol% or 78.5 wt%)
	Forma Zirconia Nano-Hybrid Composite	FO	Ultradent, Brasil	150,416	Resina composta convencional Bulk-Fill	Bis-GMA; Bis-EMA; TEGDMA; BHT; PEGDMA; UDMA; ytterbium trifluoride; fillers based on silane-treated ceramic, silane-treated silica, silane-treated silica-zirconium oxide, and barium glass.	0.7 µm (mean particle size) (67 wt%; vol% not disclosed by manufacturer)
	Charisma® Diamond	CD	Kulzer GmbH, Germany	010054A	Resina composta convencional Bulk-Fill	TCD-urethaneacrylate; UDMA; barium aluminum fluoride glass.	5nm-20µm(64vol%or81wt%)

<i>Araújo-Neto et al. (2020)</i>	Spectra Smart	SS	Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA	2468901	Resina composta convencional Bulk-Fill	Glass powder; silica; hydrophobic colloid; dimethacrylate; benzophenone III; EDAB; flublau concentrate; camphorquinone; BHT butylated hydroxytoluene; yellow iron oxide; red iron oxide; black iron oxide; titanium dioxide.	Information not disclosed by the manufacturer
	Filtek Bulk Fill Posterior Restorative	FB	3M ESPE, Saint Paul, MN, USA	N689744	Resina composta convencional Bulk-Fill	Silane treated ceramic; aromatic UDMA; ytterbium dimethacrylate; UDMA; silane treated silica; DDDMA; silane treated zirconia; water; modified methacrylate monomer; EDMAB; benzotriazol.	100 nm (ytterbium trifluoride); 20 nm (silica); 4–11 nm (zirconia) (58.4 vol% or 76.5 wt%)
	Tetric® N-Ceram Bulk Fill	TB	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	U22999	Resina composta convencional Bulk-Fill	Bis-GMA; UDMA; Bis-EMA; barium glass; prepolymer; ytterbium trifluoride; mixed oxide.	0.04–3 µm (mean particle size: 0.6 µm) (53–55 vol% or 75–77 wt%)

Tabela 2 – Testes realizados nos materiais estudados

Estudo	Material	Teste de dureza de Vickers	Teste de Desgaste	Teste de Rugosidade (Ra) (µm)	Teste de Resistência à Flexão (MPa)	Teste do módulo de flexão
<i>Yin et al. (2019)</i>	Amber Mill Hybrid	116.9±18.4	Δm 0.067 ± 0.047 ρ 1.927 ± 0.011 ΔV 0.035 ± 0.025 ΔV_{relw} 0.92 ± 0.673	0.0552±0.0026	m 6.40 σ_{max} 163 $\sigma_f \pm SD$ 134.34 ± 6.40 BP 2.14 ± 0.35 N 14 R2 0.96	
	Vit Enamic	181.4±11.5	Δm 0.1 ± 0.082 ρ 1.947 ± 0.006 ΔV 0.051 ± 0.042 ΔV_{relw} 1.29 ± 0.955	0.0368±0.0011	m 20.94 σ_{max} 138.9 $\sigma_f \pm SD$ 126.34 ± 6.63 BP 2.93 ± 0.36 N 14 R2 0.93	

Yin et al.
(2019)

Katana Avencia	69.9±1.4	Δm 0.267 ± 0.047 ρ 2.769 ± 0.032 ΔV 0.096 ± 0.018 ΔV_{relw} 2.977 ± 0.375	0.1119±0.0201	m 8.58 σ_{max} 281 $\sigma_f \pm SD$ 240.88 ± 29.62 BP 5.64 ± 1.23 N 14 R^2 0.96	
Lava Ultimate	88.5±1.6	Δm 0.133 ± 0.047 ρ 2.107 ± 0.007 ΔV 0.063 ± 0.022 ΔV_{relw} 2.023 ± 0.073	0.0543±0.0098	m 11.33 σ_{max} 183.7 $\sigma_f \pm SD$ 161.93 ± 11.33 BP 3.29 ± 0.59 N 14 R^2 0.98	
Amber Mill	662.7±35.9	Δm 0.1 ± 0.001 ρ 1.708 ± 0.003 ΔV 0.059 ± 0.0005 ΔV_{relw} 1.893 ± 0.514	0.0144±0.0020	m 8.63 σ_{max} 631.1 $\sigma_f \pm SD$ 529.46 ± 63.67 BP 6.36 ± 1.17 N 14 R^2 0.94	

Yin et al. (2019)	Acrylic (Reference Material)		$\Delta m 3.8 \pm 1.023$ $\rho 1.141 \pm 0.00$ $\Delta V 3.332 \pm 0.901$ $\Delta V_{relw} -$			
Lauvahutanon et al. (2014)	Block HC	Seco 65.3 (2.4) Água 58.9 (1.6) Água/TC 57.4 (1.5) a			Seco 170.5 (10.5) c,d Água 121.5 (14.6) a,b Água/TC 117.6 (13.9) a	Seco 9.6 (0.4) b,c Água 7.8 (0.3) a,b Água/TC 7.2 (0.6) a
	Cerasmart	Seco 64.1 (1.7) Água 59.0 (1.2) Água/TC 58.0 (0.7) a			Seco 242.0 (11.6) f Água 197.3 (10.8) e Água/TC 194.3 (14.9) e	Seco 10.0 (0.2) c Água 9.0 (0.2) a,b,c Água/TC 8.7 (0.3) a,b,c
	Gradia Block	Seco 97.3 (1.9) Água 87.5 (2.7) Água/TC 80.3 (3.1) B			Seco 204.0 (20.2) e Água 188.4 (9.3) d,e Água/TC 165.1 (12.0) c	Seco 14.7 (0.3) e Água 13.5 (0.4) d,e Água/TC 13.2 (0.4) d,e

<i>Lauvahutanon et al. (2014)</i>	Lava Ultimate	Seco 97.9 (1.7) Água 86.7 (1.5) Água/TC 83.0 (1.0) b			Seco 170.5 (28,7) c,d Água 141.9 (14.5) b Água/TC 120.1 (15.6) a,b	Seco 14.5 (0.3) e Água 12.8 (0.1) d,e Água/TC 12.2 (0.3) d
	Vita Enamic	Seco 189.8 (7.8) Água 184.0 (5.9) Água/TC 177.1 (5.2) c			Seco 140.7 (8.5) b Água 133.0 (10.3) a,b Água/TC 134.6 (6.7) a,b	Seco 28.5 (1.1) f Água 28.3 (0.8) f Água/TC 28.6 (0.8) f
	Vitablocks Mark II	Seco 454.8 (21.4) Água 453.8 (7.7) Água/TC 448.5 (19.4) d			Seco 126.6 (8.1) a,b Água 121.1 (15.2) a,b Água/TC 129.0 (5.7) a,b	Seco 51.5 (3.1) g Água 52.8 (4.1) g,h Água/TC 54.9 (1.0) h

<i>Mendonca et al. (2018)</i>	IPS e.max CAD	596 VHN ± 18			289 MPa ± 20	16,7 GPa ± 2,4
	Vita Suprinity	692 VHN ± 14			230 MPa ± 20	19,4 GPa ± 2
	Vita Enamic	255 VHN ± 26			103 MPa ± 18	12,9 GPa ± 1,3
	Cerasmart	90 VHN ± 8			141 MPa ± 20	6,2 GPa ± 0,3
<i>Lawson et al. (2016)</i>	Paradigm MZ100	102.9(3.3)b	0.182(0.06)a,b		189.7(28.2)a,b	14.1(1.0)a,b
	Cerasmart	62.2(9.9)a	0.180(0.07)a,b		234.5(24.8)b	12.1(0.8)a
	LAVA Ultimate	102.3(14.5)b	0.152(0.04)a,b		248.4(24.5)b.c	16.0(2.6)b
	Enamic	157.2(14.0)c	0.21(0.06)a,b,c		202.1(17.9)a,b	21.5(1.6)c

<i>Lawson et al. (2016)</i>	Celtra Duo	463.5(26.6)d (não aquecido) 595.1(37.6)e (aquecido)	0.241(0.09)b,c (não aquecido) 0.220(0.05) a,b,c (aquecido)		300.1(16.8)c (não aquecido) 451.4(58.9)e (aquecido)	61.0(10.0)d (não aquecido) 63.6(3.3)d (aquecido)
	e.max CAD	452.9(16.3)d	0.329(0.18)c		376.9(76.2)d	67.2(1.3)d
<i>Araújo-Neto et al. (2020)</i>	Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative				24h - 133.8 (±14.5) Aa 12mth - 77.6 (±16.4) Bde	24h - 9.60 (±0.97) Aa 12mth - 9.38 (±0.90) Ab
	Forma Zirconia Nano-Hybrid Composite				24h - 126.8 (±11.9) Aa 12mth - 92.2 (±22.5) B	24h - 8.04 (±0.84) Abc 12mth - 6.94 (±1.32) Bd

Araújo-Neto et al. (2020)

Charisma® Diamond				24h - 147.4 (±30.1) Aa 12mth - 128.3 (±24.5) Aa	24h - 9.92 (±1.87) Aa 12mth - 9.38 (±1.11) Ab
Spectra Smart				24h - 137.8 (±20.4) Aa 12mth - 107.5 (±15.3) Bb	24h - 8.13 (±0.91) Bbc 12mth - 9.82 (±1.35) Aab
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative				24h - 133.3 (±26.0) Aa 12mth - 115.5 (±25.1) Aab	24h - 8.86 (±1.90) Bab 12mth - 10.61 (±0.89) Aa
Tetric® N-Ceram Bulk Fill				24h - 103.7 (±17.3) Ab 12mth - 88.5 (±17.2) Bcd	24h - 8.04 (±0.72) Abc 12mth - 6.78 (±1.59) Bd

<i>Araújo-Neto et al. (2020)</i>	Cention® N (CNSC)				24h - 82.1 (±12.7) Ac 12mth - 53.9 (±5.5) Bf	24h - 7.11 (±1.08) Ac 12mth - 5.29 (±1.12) Be
	Cention® N (CNDC)				24h - 96.4 (±15.9) Ab 12mth - 71.9 (±12.4) Be	24h - 8.12 (±0.95) Abc 12mth - 8.23 (±1.54) Ac

Legenda: Teste de Resistência à Flexão Biaxial - m: modulo de Weibull, σ_{max} : máxima resistência à flexão (MPa); σ_f : media de resistência à flexão (MPa); BP: número de amostras fraturadas; N: número de amostras; R2: regressão de distribuição Weibull.

Teste de Desgaste - Δm : perda de massa (mg), ρ : densidade do material (g/cm³); ΔV : perda de volume (mm³); ΔV_{relw} volume relativo de desgaste após escovagem (%).

DISCUSSÃO

O desempenho dos materiais restauradores, sejam diretos ou indiretos, tem sido um tema amplamente desafiante e estudado ao longo das décadas na área da Medicina Dentária. O avanço tecnológico tem permitido obter grandes resultados neste sentido, permitindo uma simulação do ambiente oral em laboratório para que se realizem testes *in vitro* o mais próximo possível do ambiente encontrado na cavidade oral, ainda que não na totalidade.

Os dentes sofrem desgaste dentário acentuado, entre outras causas concomitantes, pode dever-se ao efeito de atrição/abrasão quando submetidos a cargas oclusais elevadas e extremas. O comportamento bruxómano é uma das concisões clínicas que induz esta sequela sobre a estrutura dentária e restaurações presentes. Materiais com módulo de elasticidade mais baixo (rígidos), como o caso das cerâmicas, podem teoricamente tolerar mais carga e resistirem mais ao desgaste. Mas, pelo contrário, podem promover um desgaste mais acentuado no esmalte oponente ou outro material mais friável. Materiais com módulo de resistência à flexão e módulo de flexão próximos do esmalte apresentam-se como sendo a alternativa mais viável, quando falamos especificamente de desgaste dentário generalizado e presença de comportamento de risco como o bruxismo.

Os testes mais comumente realizados para determinar as propriedades mecânicas dos materiais disponíveis no mercado são o teste de dureza de Vickers, o teste de resistência à flexão, o teste de módulo de flexão e o teste de módulo de resiliência. O módulo de flexão descreve a rigidez relativa de um material e a resistência à flexão a tensão máxima necessária para uma amostra fraturar quando sujeita a uma carga de flexão. Alguns estudos apresentam também testes de desgaste e testes de rugosidade.

A principal limitação desta revisão permanece no facto de não existir uma padronização dos testes, de forma a que fosse possível realizar uma comparação direta entre os dados obtidos por cada autor (meta-análise).

Alguns autores sugerem a dureza da superfície de um material como uma medida relativa de resistência do mesmo face a uma força de indentação externa, relacionando-a diretamente com a resistência de desgaste do material. Esta correlação tem vindo a ser alvo de estudo embora que com resultados insuficientes para tirar conclusões. [9; 12; 20]

No estudo de *Yin et al. (2019)*, foram comparados cinco blocos CAD/CAM, quatro de resina composta (AH, VE, KA, LU) e um *in vitro* cerâmico (AM), oriundos de quatro fabricantes distintos. Com base nas especificações do fabricante, os materiais tinham composições muito semelhantes e sendo utilizados atualmente em reabilitação oral. Foram cortados em discos

de 1.2 mm de espessura e 12 mm de diâmetro, polidos e imersos em água destilada durante 7 dias.

Os quatro blocos à base de resina composta apresentavam matriz inorgânica diferente variando como descrito acima na tabela 1 (VE > LU > AH > KA).

Os resultados do teste de dureza de Vickers mostram que embora a quantidade de matriz orgânica de AH seja inferior à de LU, a sua resistência é superior. Tendo em conta que, segundo o fabricante, LU é um composto nano-cerâmico à base de resina e AH é uma cerâmica à base de resina, concluiu-se que os testes de dureza podem ser afetados não só pelo conteúdo inorgânico, mas também pelo seu tamanho, método de enchimento/compactação e técnica de polimerização.

O teste de desgaste foi realizado com escova de dentes para se assemelhar às abrasões orais frequentes, 100.000 vezes de forma a se aproximar da quantidade de escovagens in vivo realizadas durante um período de 4,2 anos. As duas cerâmicas à base de resina composta, AH e VE, exibiram a menor perda de massa e mudança de volume, seguidos da vitro cerâmica AM. Os dois nano-cerâmicos à base de resina, LU e KA, exibiram a maior perda de qualidade e mudança de volume. AH e VE, apesar de terem apresentado menor perda de peso e mudança de volume, na análise microscópica apresentavam grandes fissuras. Este resultado foi atribuído ao facto de serem compósitos porosos de resina cerâmica reticulada. Estes materiais têm uma cerâmica dura como substrato, mas o enchimento de resina tem uma baixa dureza, sendo facilmente removido em testes de desgaste e formando fissuras. Pelo contrário, LU e KA nas imagens SEM não mostram danos óbvios por serem aglomerados nano-enchidos à base de resina, não sofrendo uma fácil remoção. A vitro cerâmica AM exibe uma ligeira alteração na rugosidade da superfície antes e depois dos danos causados pela escova, no entanto a perda de massa ainda atinge 0,1mg. Os autores deste estudo especulam que o resultado pode estar relacionado com a dissolução do enchimento do material AH pelos iões de flúor da pasta de dentes. Segundo esta raciocínio, deve-se considerar tanto a dureza da massa de enchimento como a resistência ao desgaste da matriz da resina. Apesar de já existirem fabricantes a terem esta característica em atenção, na otimização do desempenho dos materiais, são necessárias mais estudos e investigação.

No teste de resistência à flexão biaxial AH exibiu o valor do módulo de Weibull mais baixo e VE o mais elevado. A resistência à flexão biaxial dos materiais verificada de forma ordenada foi: AM > KA > LU > AH > VE. Observou-se que a vitro cerâmica AM pode suportar uma força de até 530 MPa, podendo ser utilizada em restaurações posteriores sujeita às forças de mastigação enquanto que os outros materiais apresentaram valores muito inferiores à pressão mastigatória unilateral posterior, logo, não podem ser aplicados nessa região. Nesse sentido, podem sim ser utilizados na região anterior, pois os valores registados são superiores à força oclusal máxima dos dentes anteriores. [9]

No estudo de *Lauvahutanon et al. (2014)*, foram utilizados seis blocos CAD/CAM, quatro de base de resina composta (BRO, CER, GRA, ULT), um cerâmico (ENA) e um convencional cerâmico de feldspato (VIT).

As propriedades de flexão foram determinadas num teste de flexão em três pontos, de acordo com a norma ISO 6872:200811. As amostras com uma forma de barra com 4,0 mm de largura, 14,0 mm de comprimento e 1,2 mm de espessura, preparadas com a utilização de uma serra diamantada de baixa velocidade (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). Após polimento foram armazenados num exsiccador com sílica-gel durante 7 dias, antes de serem submetidos aos testes de flexão.

Foram divididos aleatoriamente em três grupo de dez as 30 barras de cada marca de bloco CAD/CAM preparadas. O primeiro grupo foi mantido em condições secas à temperatura ambiente ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$); o segundo grupo foi armazenado em água desionizada a 37°C durante 7 dias; o terceiro grupo foi armazenado em água desionizada a 37°C durante 7 dias, seguido de 10.000 ciclos térmicos (5°C a 55°C , tempo 60 seg.) utilizando uma máquina de termociclagem (HA-K178, Tokyo Giken Inc., Tokyo, Japão).

A resistência à flexão dos blocos de resina composta foi superior à das cerâmicas. Os resultados do módulo de flexão ed GRA e ULT aproximaram-se aos da dentina (17.7-29.8 GPa). Pelo contrário, VIT obteve resultados semelhantes ao esmalte (72.7-105.5 GPa). O armazenamento em água durante sete dias e a ciclagem térmica afectaram a resistência à flexão e o módulo de flexão dos blocos de resina composta, mas não os de ENA e VIT, provocando um amolecimento da matriz polimérica dos blocos de resina composta.

Os autores recomendam mais estudos relativos à termociclagem e armazenamento em água para os blocos de resina composta contendo zircónia (especialmente BLO e ULT), pois a resistência à flexão e o módulo de flexão diminuiu após 7 dias, o que não aconteceu no ENA e VIT, devido a sua estrutura de rede cerâmica.

No teste de dureza de Vickers os valores diminuiram após os 7 dias de armazenamento em água e termociclagem, sendo os valores de VIT significativamente mais altos entre os valores testados.

Os resultados deste estudo sugerem que as restaurações fabricadas a partir dos blocos de resina composta investigados são adequadas quando limitadas a coroas de pré-molares únicas, mas não para próteses parciais fixas como recomendado na norma ISO 6872:200811. Esta contra-indicação estará relacionada com a potencial fragilidade dos conectores das próteses parciais fixas. Em situações unitárias o desempenho será mais adequado. [12]

No estudo de *Mendonca et al. (2018)*, foram utilizados quatro blocos CAD/CAM com semelhantes indicações clínicas, mas diferentes composições, uma vitro cerâmica (LD), uma

vitro cerâmica reforçada com zircônica (ZLS), uma cerâmica híbrida (PICN) e um bloco de resina composta (HPP).

As amostras foram realizadas em condições laboratoriais normais, 25°C e 40-60% de umidade relativa.

Para o teste de resistência à fratura foram fabricadas 10 coroas monolíticas fresadas de cada tipo de material com o inLab MC XL (Sirona Dental Systems GmbH). A preparação para as coroas foi feita num molde de plástico de um primeiro molar inferior (dente # 46, M-PVR-1560; Columbia Dentoform Corp, Long Island City, NY), com uma redução axial de 1,5 mm, um chanfro marginal de 1,0 mm, e uma redução oclusal de 2,0 mm.

Para os restantes testes foram preparadas as barras retangulares (14 mm × 4 mm × 1,2 mm) utilizando uma fresadora (Ultrasonic 20 linear; DMG Sauer, Dübendorf, Suíça) (n=10).

As barras fresadas foram submetidas a forças até à falha numa máquina de teste universal (Instron 5965) e num teste de flexão de três pontos (ISO 6872:2008) com uma velocidade de 0,5 mm/min. sendo medidas a resistência à flexão (MPa), o módulo de flexão (GPa) e o módulo de resiliência (MPa).

As coroas foram criadas para simular condições clínicas reais e avaliar a resistência à fratura. Neste teste as vitro cerâmicas (LD e ZLS) suportaram uma carga significativamente mais elevada que os materiais híbridos (HPP e PICN).

O elevado valor de resistência à fratura de LD pode ser atribuído à sua matriz vítrea. Apesar da menor percentagem de fase cristalina em ZLS (4-50%) em comparação com a cerâmica LD (#70%) as suas propriedades mecânicas podem ser comparadas, sendo os resultados atribuídos à presença de zircónia (ZrO₂) na fase vítrea de ZLS.

Embora os valores médios da resistência à fratura para HPP e PICN fossem significativamente inferiores aos das cerâmicas (1562 N e 2003 N, respetivamente), foi possível observar que possuem a capacidade de suportar as cargas mastigatórias sem fratura prematura registando valores acima das forças mastigatórias médias nos dentes posteriores adultos.

Nos testes de resistência à flexão os materiais apresentaram uma diferença significativa entre si. LD apresentou os valores mais elevados indicando maior capacidade de resistir à tensão antes de ceder; HPP teve um desempenho melhor que PICN, segundo os autores, devido à sua composição uniforme de enchimento de nanopartículas em comparação com a rede cerâmica porosa da PICN.

No módulo de resiliência e no teste de dureza, PICN e HPP mostraram valores inferiores comparando com as vitro cerâmicas (LD e ZLS), indicando maior flexibilidade e menor rigidez, sendo HPP o material mais flexível e macio e ZLS o material mais rígido e duro. Assim, observou-se que os materiais híbridos apresentam maior flexibilidade, sendo esta atribuída à presença de um polímero dúctil que sofre deformação plástica sob a carga a que foi sujeito.

Nos materiais híbridos, os valores de dureza foram diretamente proporcionais ao peso da componente cerâmico (86% para a PICN e 71% para a HHP). A menor dureza dos materiais híbridos no seu estado final permite uma moagem rápida e conveniente, com o mínimo de fragmentação na margem evitando assim o desgaste da dentição natural antagonista. A combinação de maior flexibilidade, menor rigidez e maior suavidade, associados a valores satisfatórios de flexão e resistência à fratura observados em PICN e HHP, faz destes dois materiais híbridos escolhas adequadas para o fabrico de coroas monolíticas nos sistemas *chairside*.

Os autores sugerem mais investigação para no âmbito do efeito de diferentes composições de elementos nas propriedades mecânicas dos materiais CAD/CAM testados. [15]

No estudo de *Lawson et al. (2016)* foram utilizados seis blocos de CAD/CAM com diferentes composições, três resinas compostas (Paradigm MZ100, Cerasmart, Lava Ultimate) uma cerâmica híbrida (Vita Enamic), uma vitro cerâmica (IPS e.max CAD) e uma vitro cerâmica reforçada com zircónia (Celtra Duo).

Os blocos foram seccionados em barras de 2.5 mm x 2.5 mm x 16 mm para os testes de resistência à flexão e módulo de flexão e em blocos de 4 mm para os testes de dureza e desgaste sendo metade das amostras de Celtra Duo tratadas num forno.

No teste de resistência à flexão Celtra Duo registou o valor mais elevado ultrapassando a resistência de IPS e.max CAD. Os restantes materiais, com polímeros na sua composição (Paradigm MZ100, Cerasmart, Lava Ultimate e Vita Enamic). Estes resultados não coincidem com os valores registados em estudos anteriores e os autores afirmam ainda que nenhum dos novos materiais “híbridos” atingiu a resistência à flexão comumente relatada de referência, indicando assim a IPS e.maxCAD como o material mais adequado para coroas posteriores.

Relativamente ao módulo de flexão, Cerasmart, Lava Ultimate e Paradigm MZ100 apresentaram valores inferiores a Vita Enamic e as vitro cerâmicas, IPS e.max CAD e Celtra Duo os valores mais elevados. Deve ser realizada investigação futura para determinar se as cargas aplicadas na superfície oclusal das coroas de Lava Ultimate causam flexão das paredes da coroa e se existe a possibilidade de descolar.

Os testes de microdureza de Vickers revelaram que os materiais de resina composta são mais macios do que os materiais vitro cerâmicos (IPS e.max CAD e Celtra Duo) e que a Vita Enamic é intermédia. A dureza contribui para a facilidade de moagem dos materiais, aumentando assim a vida útil das brocas de fresagem na utilização de materiais mais macios. Estudos relacionam diretamente o índice de fragilidade com o grau de lascagem marginal. Os testes em materiais à base de resina composta mostraram um grau significativamente mais baixo de fragmentação marginal e indicaram que as amostras de IPS e.max CAD e Celtra Duo

(aquecido e não aquecido) teriam uma maior probabilidade de lascas em zonas de margens finas.

Nos testes de desgaste utilizaram esmalte como amostra de referência. Os resultados mostraram que os materiais com valores mais baixos (Cerasmart, Lava Ultimate e Paradigm MZ100) demonstraram sinais de fadiga enquanto que os que registaram valores mais elevados (Vita Enamic, IPS e.max CAD, Celtra Duo e esmalte) apresentaram desgaste abrasivo. O desgaste dos materiais à base de resina composta assemelhou-se estatisticamente à quantidade de desgaste observada no esmalte plano não retificado, enquanto que os materiais vitro cerâmicos sofreram mais desgaste que o esmalte. Os autores sugerem assim que estudos futuros devem examinar o efeito cumulativo do desgaste oclusal e da erosão ácida nos materiais à base de resina composta, visto a sua utilização ou não utilização ser uma opção do clínico. [16]

No estudo de *Araújo-Neto et al. (2020)*, foram utilizadas sete resinas compostas convencionais Bulk-Fill (FS, FO, CD, SS, FB, TB, CNSC (selfcure) e CNDC (dual cure)). Produziram espécimes em forma de barra com um molde com medidas standard ISO 4049:2009 (Dentistry - Polymer-based filling, restorative and luting materials, International Organization for Standardization) para os testes de resistência à flexão e módulo de flexão. As amostras foram fotopolimerizadas em três ciclos devido ao seu comprimento, polidos e armazenados em água desionizada a 37°C durante 24h ou 12 meses antes das testagens. Antes dos testes foram secos e submetidas a cargas de 100g a uma velocidade de 0,5 mm/min, até à fratura.

Às 24 h, ambos os compósitos da Ivoclar (TB e CNSC, CNDC) mostraram uma resistência à flexão inferior à dos restantes materiais ($p \leq 0,05$). O módulo de flexão de 24 h destes compósitos também era inferior aos valores registados por FS, CD e FB ($p \leq 0,05$). Rejeitaram a hipótese nula, de não se esperar diferenças nos resultados e testes realizados às resinas em estudo. Observaram também que o desempenho da resina composta de dupla polimerização (CNDC) no teste de flexão apresentou maior resistência, do que o de auto polimerização (CNSC) e, por outro lado, no módulo de flexão, só foi observado benefício relativo à etapa adicional de fotopolimerização, após o armazenamento durante 12 meses, às 24h não foi registada uma diferença significativa.

A resina CD após 12 meses de armazenamento em água desionizada não apresentou redução significativa na resistência e módulo de flexão, sendo assim a mais estável mecanicamente entre os materiais testados.

Curiosamente, dois dos compósitos testados, SS e FB, mostraram um aumento significativo do seu módulo de elasticidade após armazenamento em água. Contudo, isto não se traduziu numa resistência à flexão estável a longo prazo para SS, apresentando ainda uma diminuição

da sua resistência mecânica. Por outro lado, as resinas FO, TB, e CNSC registaram propriedades mecânicas significativamente inferiores, após o armazenamento em água.

Os autores rejeitaram assim a hipótese nula de que as propriedades mecânicas dos compósitos não seriam significativamente alteradas após 12 meses de armazenamento em água.

Os polímeros dentários sofrem expansão (expansão volumétrica) e plastificação (redução das propriedades mecânicas de superfície e de granel) quando imersos em água, o que pode ocorrer com mais intensidade, dependendo das suas características químicas. Além disso, como mencionado anteriormente, a perda de partículas de enchimento do composto, bem como a lixiviação de monómeros não reagidos, aditivos e componentes de enchimento causados pela solubilidade, podem também contribuir para aumentar ainda mais a degradação hidrolítica do composto. Assim, todos estes fatores desempenham um papel nas propriedades mecânicas dos materiais acima mencionados quando foram expostos à água durante um longo período de tempo, tornando-os não fiáveis. Assim, conseguiu-se observar que a composição do monómero e as características das partículas de enchimento influenciaram fortemente as propriedades físico-mecânicas dos compósitos testados, como por exemplo, o facto de existirem fotoiniciadores alternativos à canforoquinona que levou a taxas mais elevadas de polimerização. [19]

Com base nos estudos analisados, podemos salientar que, tanto nas resinas compostas convencionais como nos blocos de CAD/CAM de resina composta, a sua composição, volume de conteúdo e métodos de polimerização influenciam as suas propriedades físico-mecânicas. Apesar dos testes efetuados na generalidade dos estudos serem idênticos e realizados de forma semelhante, as amostras não seguem um padrão standard ISO, tendo sido utilizadas medidas e variáveis diferentes. Este fator influencia os resultados, tornando a comparação entre amostras impossível.

Os materiais cerâmicos apresentam uma resistência à flexão superior à dos materiais à base de resina composta enquanto que, relativamente ao módulo de flexão, observou-se o contrário. Estes resultados devem-se ao facto da existência de polímeros na composição das resinas. Assim pode-se assemelhar o módulo de flexão dos blocos de resina composta ao da dentina e o módulo de flexão das cerâmicas ao do esmalte.

Relativamente ao desgaste, apesar de a dureza ser considerada um preditor da resistência ao desgaste de um material, as investigações não revelam uma relação concreta entre a dureza e a resistência ao desgaste das resinas compostas.

Os blocos de resina composta nos vários estudos apresentam variabilidade nos resultados apresentados, em função dos testes e mecanismos de envelhecimento. Contudo é

consensual o potencial deste tipo de solução, por ser o que mais se aproxima em termos de resistência ao esmalte e minimizando consequências nas dentições oponentes. Os blocos de CAD/CAM, face às resinas diretas apresentam maior previsibilidade e reprodutibilidade de resultados, não sendo tão dependente da técnica/experiência do operador. Além disso, sendo pré-fabricados, têm características mecânicas mais mantidas e reproduzidas. Contudo e apesar das vantagens apresentadas, existem materiais diretos que demonstram comportamento muito semelhante aos blocos CAD/CAM, quando adequadamente manipulados.

Nos casos de desgaste dentário mais acentuado, mais especificamente no bruxismo, é necessário encontrar um material suficientemente resistente, mas que ao mesmo tempo não coloque em causa a estrutura dentária remanescente. Ao mesmo tempo, as resinas compostas apresentam a possibilidade de serem reparadas, que no caso de comportamento dinâmicos como o bruxismo é uma grande mais-valia, pelas fraturas parciais recorrentes que ocorrem como sequela do comportamento.

Além das relatadas pelos autores, as maiores limitações observadas na execução deste trabalho resultam no pequeno número de amostras, o envelhecimento ou não de amostras nos estudos, as condições de obtenção das amostras, a lacuna relativa às normas ISO das dimensões das amostras e, principalmente, a ausência de padronização e utilização de metodologias sobreponíveis entre os trabalhos.

A elaboração desta revisão sistemática permitiu a compilação de dados de estudos físico mecânicos realizados em materiais de restauração direta e indireta, principalmente em dente com indicações de grande desgaste. Permitiu também, apesar das limitações encontradas, obter um maior conhecimento relativamente aos constituintes e às propriedades dos materiais utilizados, para que a escolha do clínico do material que mais se adequa a cada caso que trata seja mais consciente e sábia.

Contudo e como afirmado pela maioria dos autores incluídos neste trabalho, mais estudos são necessários, seguindo metodologias sobreponíveis e reprodutíveis, bem como a inclusão de um maior número de materiais diferentes, com características distintas e de diferentes fabricantes. A comparação direta entre resinas diretas e resinas CAD/CAM é escassa na literatura, assim como com estas e as cerâmicas.

CONCLUSÃO

O CAD/CAM e as tecnologias inerentes ao desenvolvimento de materiais para utilização com esta tecnologia permitiram o desenvolvimento de materiais mais previsíveis e fabricados em condições padrão. Isto permite uma maior reprodutibilidade, previsibilidade e precisão dos materiais obtidos.

Embora as cerâmicas estejam também sempre sujeitas a estudos e evoluções tecnológicas, apresentam uma capacidade de desgaste mais elevado do que o esmalte natural, enquanto que as resinas compostas implicam um desgaste inferior no esmalte. Os materiais híbridos procuram agregar as vantagens das cerâmicas e das resinas num só material.

Os materiais cerâmicos mostram ser mais estéticos, mas em contacto com dentes oponentes apresentam potencial de fratura da própria estrutura (friabilidade estrutural em sobrecarga) e desgaste induzido no esmalte antagonista.

De forma geral podemos concluir que os materiais cerâmicos apresentam uma resistência à flexão superior à dos materiais à base de resina composta, enquanto que relativamente ao módulo de flexão observou-se o contrário. Assim e nos casos de dentição com desgaste acentuado, a escolha de um material para a zona estética anterior deve dar primazia às cerâmicas enquanto que para restaurações no setor posterior, sujeitos a maior sobrecarga mecânica e potencial desgaste, optar pela escolha de materiais híbridos ou à base de resina composta. O CAD/CAM permite a garantia de materiais mais estáveis relativamente à composição e propriedades finais, assim como precisão de adaptação e reprodutibilidade.

Mais estudos são necessários para que a escolha do clínico se possa basear numa melhor evidência científica e não só nas especificações dos fabricantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Doutor Ricardo Dias um incalculável agradecimento pela permanente disponibilidade, tranquilidade e conhecimento que transmitiu.

À minha família por nunca deixar de acreditar em mim e me trazer até aqui.

Aos verdadeiros que estão sempre presentes.

Aos vários colegas que fizeram parte e marcaram esta caminhada.

And last but not least, um agradecimento especial ao Júlio, ao Octávio e ao enorme Constantino.

BIBLIOGRAFIA

1. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006 Mar 1;11(2):E215-20. English, Spanish. PMID: 16505805.
2. Bayne SC. Beginnings of the dental composite revolution. *J Am Dent Assoc*. 2013 Aug;144(8):880-4. doi: 10.14219/jada.archive.2013.0205. PMID: 23904574.
3. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent*. 2018 Apr;119(4):545-551. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.001. Epub 2017 Sep 28. PMID: 28967399.
4. Reis AF, Vestphal M, Amaral RCD, Rodrigues JA, Roulet JF, Roscoe MG. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review. *Braz Oral Res*. 2017 Aug 28;31(suppl 1):e59. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0059. PMID: 28902239.
5. Osiewicz MA, Werner A, Roeters FJM, Kleverlaan CJ. Wear of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2022 Mar;38(3):549-553. doi: 10.1016/j.dental.2021.12.138. Epub 2021 Dec 28. PMID: 34972580.
6. Osiewicz MA, Werner A, Roeters FJM, Kleverlaan CJ. Wear of direct resin composites and teeth: considerations for oral rehabilitation. *Eur J Oral Sci*. 2019 Apr;127(2):156-161. doi: 10.1111/eos.12600. Epub 2019 Jan 4. PMID: 30609131.
7. Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: a literature review. *Restor Dent Endod*. 2021 Feb 25;46(2):e18. doi: 10.5395/rde.2021.46.e18. PMID: 34123754; PMCID: PMC8170387.
8. Lan TH, Chen PH, Fok ASL, Chen YF. Contact fracture test of monolithic hybrid ceramics on different substrates for bruxism. *Dent Mater*. 2022 Jan;38(1):44-56. doi: 10.1016/j.dental.2021.10.010. Epub 2021 Nov 14. PMID: 34785045.
9. Yin R, Jang YS, Lee MH, Bae TS. Comparative Evaluation of Mechanical Properties and Wear Ability of Five CAD/CAM Dental Blocks. *Materials (Basel)*. 2019 Jul 12;12(14):2252. doi: 10.3390/ma12142252. PMID: 31336968; PMCID: PMC6678169.
10. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res*. 2018 Sep;97(10):1082-1091. doi: 10.1177/0022034518779759. Epub 2018 Jun 15. PMID: 29906206.
11. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011 Jul;55(3):559-70, ix. doi: 10.1016/j.cden.2011.02.011. PMID: 21726690.

12. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, Finger WJ, Arksornnukit M. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J*. 2014;33(5):705-10. doi: 10.4012/dmj.2014-208. PMID: 25273052.
13. Zimmermann M, Ender A, Egli G, Özcan M, Mehl A. Fracture load of CAD/CAM-fabricated and 3D-printed composite crowns as a function of material thickness. *Clin Oral Investig*. 2019 Jun;23(6):2777-2784. doi: 10.1007/s00784-018-2717-2. Epub 2018 Oct 27. PMID: 30368664.
14. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res*. 2014 Dec;93(12):1232-4. doi: 10.1177/0022034514553976. Epub 2014 Oct 24. PMID: 25344335; PMCID: PMC4462808.
15. Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD, De Souza GM, Ellakwa A. Microstructural and Mechanical Characterization of CAD/CAM Materials for Monolithic Dental Restorations. *J Prosthodont*. 2019 Feb;28(2):e587-e594. doi: 10.1111/jopr.12964. Epub 2018 Aug 18. PMID: 30121945.
16. Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater*. 2016 Nov;32(11):e275-e283. doi: 10.1016/j.dental.2016.08.222. Epub 2016 Sep 14. PMID: 27639808.
17. Zaruba M, Mehl A. Chairside systems: a current review. *Int J Comput Dent*. 2017;20(2):123-149. PMID: 28630955.
18. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2015 Oct;114(4):587-93. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.04.016. Epub 2015 Jul 2. PMID: 26141648.
19. Gomes de Araújo-Neto V, Sebold M, Fernandes de Castro E, Feitosa VP, Giannini M. Evaluation of physico-mechanical properties and filler particles characterization of conventional, bulk-fill, and bioactive resin-based composites. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Mar;115:104288. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104288. Epub 2020 Dec 27. PMID: 33383377.