



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

PABLO LENIN BENITEZ SELLAN

COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES ONLAY

**CAD-CAM CHAIRSIDE: estudo *in silico* e série de casos com
medição de desgaste por software de metrologia após um ano de
acompanhamento**

PABLO LENIN BENITEZ SELLAN

**COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES ONLAY CAD-
CAM CHAIRSIDE: estudo *in silico* e série de casos com medição de
desgaste por software de metrologia após um ano de acompanhamento**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação Clínica e Laboratorial de alterações da Estrutura Dental, de Materiais e de Técnicas de prevenção e Tratamento em Dentística.

Orientador: Prof. Assoc. Eduardo Bresciani

São José dos Campos

2021

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2021]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Sellan, Pablo Lenin Benitez

Comportamento clínico de restaurações onlay cad-cam chairside: estudo in silico e série de casos com medição de desgaste por software de metrologia após um ano de acompanhamento / Pablo Lenin Benitez Sellan. – São José dos Campos : [s.n.], 2021.

76 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) – Pós-Graduação em Odontologia Restauradora – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2021.

Orientador: Eduardo Bresciani.

1. CAD-CAM. 2. Onlay. 3. Análise de elementos finitos. 4. Resinas compostas. 5. Cerâmica. I. Bresciani, Eduardo, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Associado Eduardo Bresciani (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Associada Taciana Marco Ferraz Caneppele

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Associado Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Daniel Maranhã da Rocha

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Departamento de Odontologia de Lagarto

Campus Prof. Antonio Garcia (Lagarto)

Profa. Dra. Jaiane Bandoli Monteiro

Centro Universitário Unifacig

Faculdade de Odontologia

Campus Alfa Sul

São José dos Campos, 8 de junho de 2021.

DEDICATÓRIA

A toda minha família, por me apoiar em todo momento, pela motivação e dedicação de seguir superando-me cada dia.

A minha esposa, Tamara, por me acompanhar nesta caminhada e pelo amor infinito. Muito obrigado por compartilhar momentos desta fase da minha vida que é sua também e pelo apoio constante em cada projeto.

Ao meu pai, Antonio, que é a pessoa que me incentivou a seguir a odontologia, minha inspiração de superação e que me ensinou que tudo pode ser possível com dedicação e vontade.

A minha mãe, Catalina, por ser esse apoio incondicional desde que decidi seguir esta profissão.

A meus professores, meus alunos e todos os amigos que fiz no Brasil e me acolheram como sua família.

E uma dedicatória especial para minha avó, que não está mais com a família e que a distância não permitiu passar nos seus últimos dias.

A Deus que guia meu caminho!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me permitir esse logro e por me dar a inteligência para concretizar cada projeto, a sabedoria para saber escolher, a força para continuar e superar minhas limitações. Obrigado por todas as bênçãos.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, por abrir as portas e permitir me formar primeiro como Mestre e depois como Doutor. Por ser uma instituição que não só forma mestres ou cientistas, forma pessoas para dar o melhor de si para a sociedade.

A minha esposa, que sempre está torcendo para conseguir meus objetivos. Sempre está ao meu lado e que algumas vezes me acompanhou as clínicas auxiliando nos casos. Uma pessoa maravilhosa com quem passei os melhores momentos no Brasil. Obrigado por ser minha companheira de vida e juntos formar essa família que tanto amamos.

A meus Pais, por ser essa guia e esse apoio em cada momento da minha vida. As pessoas que sempre levo no meu coração apesar da distância.

Ao meu querido orientador, Eduardo Bresciani, que é uma pessoa maravilhosa e que sempre transmite alegria; é muito difícil conseguir escrever tudo que tenho que agradecer a você, que não só foi

orientador, senão foi um amigo, um pai, um irmão que sempre esteve apoiando em cada decisão, que sempre teve um conselho e cada um deles me fez crescer não só profissionalmente, mas bem como pessoa. Por sua dedicação, competência, sobretudo paciência e transmitir todos seus conhecimentos para a conclusão deste trabalho. No final você me ajudou a crescer como pessoa e posso dizer que sou uma pessoa melhor porque você inspira a todos seus alunos. Obrigado por tudo, estaremos longe fisicamente, mas sempre nos comunicando.

A minha Professora querida, Taciana Caneppele, por todos os ensinamentos e por compartilhar bons momentos durante a pós-graduação. Por ser essa pessoa que sempre esteve apoiando e abriu as portas da sua casa e conhecer essa família linda. Obrigado por tudo.

Ao Professor Guilherme Saavedra, por todo apoio durante este trabalho e por compartilhar seus conhecimentos. Por ser um amigo e sempre estar disposto a ajudar. Falto tempo para compartilhar mais momentos.

Aos Professores que contribuíram na realização deste trabalho, Prof. Hilton Riquieri, Prof. Alexandre Borges, Prof. João Tribst, Prof. Júlio Luz; pela ajuda para execução desse trabalho.

A todos os professores do Departamento da Dentística e Prótese, que de alguma forma participaram e contribuíram para minha formação nesta etapa da minha profissão.

Aos amigos que fiz durante toda a pós-graduação, que me apoiaram durante os trabalhos. A Sheila, minha parceira durante as clínicas, foi

um grande apoio. O meu amigo Esteban, que compartilhamos casos clínicos e momentos de descontração durante toda a pós-graduação. Aos meus colegas, Rafael, Mariane, Guilherme, Mateus, Amjad, Marcos, a todos que de alguma forma ajudaram nesta caminhada.

Aos amigos e parceiros, Profa. Ayla Correia e Prof. Daniel Maranhã, por compartilhar juntos não só como amigos, mas profissionalmente durante a realização de cursos. Sempre agradecido por fazer parte da minha vida.

Aos amigos que sempre estavam presentes, Sheila, Patrícia, Bruno e João Paulo. Compartilhando momentos juntos e sempre apoiando e auxiliando cada momento.

A todos os funcionários, que formam parte desta instituição, e contribuíram para que eu pudesse finalizar o trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo, através do Processo Nº 88882.434263/2019-01, durante 2018 a 2021, um apoio e incentivo para realização deste trabalho.

Ao Brasil, por me receber sempre tão bem; sou equatoriano, mas levo no meu coração ao Brasil. A todos que direta ou indiretamente colaboram para execução deste trabalho.

"Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda".

Mario Sergio Cortella

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 ARTIGOS	19
2.1 Artigo – Benitez PLS, Luz JN, Riquieri H, Saavedra GSFA, Caneppele TMF, Bresciani E. Sucesso clínico e medição de desgaste utilizando software para metrologia comparando dois tipos de materiais CAD/CAM utilizados para restaurações onlay: Serie de casos / <i>Clinical success and wear measurement using metrology software for comparing two types of CAD / CAM materials in onlay restorations: A case series</i>	19
2.2 Artigo – Benitez PLS, Tribst JPM, Borges ALS, Bresciani E. Preservação de cúspides funcionais ou não funcionais para restaurações dentárias com diferentes materiais restauradores indiretos: Estudo 3D de Elemento Finito / <i>The preservation of functional or nonfunctional cusps for dental restorations with different indirect restorative materials: 3D FEA Study</i>	31
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	55
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	65

Sellan PLB. Comportamento clínico de restaurações onlay cad-cam chairside: estudo *in silico* e série de casos com medição de desgaste por software de metrologia após um ano de acompanhamento [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2021.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos: **(1)** relatar uma série de casos e apresentar uma metodologia para medição de desgaste usando software de metrologia comparando dois tipos de materiais em blocos CAD-CAM (dissilicato de lítio e resina composta) usados para restaurações onlay; **(2)** avaliar, *in silico*, a distribuição de tensões de dois materiais restauradores, IPS emax CAD e Grandio Blocs, em dois tipos de desenho de preparo dentário para onlay envolvendo cúspides funcionais ou não funcionais. **(1)** O estudo clínico foi registrado para avaliação do comitê de ética local e foi realizado com voluntários que necessitaram de procedimento restaurador indireto, seguindo os critérios de inclusão/exclusão. Quatro restaurações do tipo onlay (IPS emax CAD e GrandioBlocs) foram confeccionadas pelo método CAD-CAM chairside por um único operador treinado. A alocação dos tratamentos foi feita de forma aleatória. Após a cimentação das restaurações, a avaliação foi feita por examinador calibrado, não sendo o operador, nos períodos de 7 dias, 6 meses e 1 ano. Neste estudo foi analisada a quantidade de desgaste das restaurações por software de medição de dados (Gom Inspect) com acompanhamento de 6 meses e 1 ano com 4 pacientes avaliados sendo 2 restaurações de GrandioBlocs e 2 para IPS emax CAD. O resultado foi representado por um mapeamento de cores onde cada tonalidade representa uma quantidade de desgaste. O resultado obtido pelas imagens foi insignificante mostrando leve diferença nas imagens com restauração de GrandioBlocs. **(2)** Os molares foram modelados em quatro desenhos de preparação para restauração onlay: preparo tradicional com cobertura da cúspide funcional (TFC), preparo não retentivo com cobertura da cúspide funcional (NFC), preparo tradicional com cobertura da cúspide não funcional (TNFC), preparo não retentivo com cobertura de cúspide não funcional (NNFC). As restaurações foram simuladas com dois materiais restauradores CAD / CAM: LD - dissilicato de lítio (IPS emax CAD) e RC - resina composta (GrandioBlocs). Uma carga axial de 100 N foi aplicada à superfície oclusal simulando o ponto de contato cêntrico. As tensões de Von Mises (VM) e as tensões principais máximas (Pmax) foram avaliadas tanto para restaurações onlay, camada de cimento e substrato dentário. O desenho do preparo não retentivo melhorou a concentração de tensões na estrutura dentária

em comparação com o desenho retentivo convencional. Para as onlays LD, a distribuição de tensões na superfície interna da restauração mostrou que o desenho da preparação influenciou a distribuição de tensões, bem como a opção de cúspide preparada. O desenho do preparo não retentivo proporcionou melhor distribuição de carga em ambos os materiais restauradores e mais vantajoso para a estrutura dentária. A restauração de resina composta em cúspides não funcionais é recomendada quando a cúspide funcional está preservada, para ser mais conservadora.

Palavras-chave: CAD-CAM. Onlay. Análise de elementos finitos. Resinas compostas. Cerâmica.

Sellan PLB. Clinical behavior of onlay cad-cam chairside restorations: an in silico study and case series with wear measurement by metrology software after one year follow-up. [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2021.

ABSTRACT

The aim of the present study was (1) to report a series of cases and to present a methodology for measurement of wear using metrology software comparing two types of CAD-CAM materials (lithium disilicate and composite resin) used for onlay restorations; (2) to evaluate, in silico, the stress distribution of two restorative materials, IPS emax CAD and Grandio Blocs, in two types of dental preparation design for onlay involving functional or non-functional cusps. (1) The clinical study was registered for evaluation by the local ethics committee and was carried out with volunteers who needed an indirect restorative procedure, following the inclusion / exclusion criteria. Four onlay restorations (IPS emax CAD and Grandio Blocs) were made using the chairside CAD-CAM method by a single trained operator. The allocation of treatments was done at random. After the cementation of the restorations, the assessment was made by a calibrated examiner, not being the operator, in the periods of 7 days, 6 months and 1 year. In this study, the amount of wear of the restorations was analyzed by data measurement software with 6-month and 1-year follow-up with 4 patients evaluated, 2 of which were GrandioBlocs and 2 for , IPS emax CAD restorations. The result is represented by a color mapping where each shade represents a quantity of wear. The result obtained by the images was insignificant, showing a slight difference in the images with restoration of GrandioBlocs. (2) Molars were modeled in four preparation designs for onlay restoration: traditional design with functional cusp coverage (TFC), non-retentive design with functional cusp coverage (NFC), traditional design with non-functional cusp coverage (TNFC), non-retentive design with non-functional cusp coverage (NNFC). Restorations were simulated with two CAD-CAM restorative materials: LD - lithium-disilicate (IPS emax CAD) and RC - resin composite (GrandioBloc). A 100 N axial load was applied to the occlusal surface simulating the centric contact point. Von Mises (VM) and maximum principal (Pmax) stresses were evaluated for onlay restorations, the cement layer and the dental substrate. The non-retentive preparation design improved the stress concentration in the tooth structure in comparison to the conventional retentive design. For LD onlays, the stress distribution on the restoration intaglio surface showed that the preparation design influenced the stress

distribution as well as the prepared cusp option. The design of non-retentive preparation provided better load distribution in both restorative materials and more advantageous for tooth structure. The resin composite restoration on non-functional cusp is recommended when functional cusp is preserved, in order to be more conservative.

Keywords: CAD-CAM. Onlay. Finite element analysis. Composite resin. Ceramics.

1 INTRODUÇÃO

Na odontologia restauradora, as cerâmicas odontológicas são os materiais de eleição para restaurações indiretas, devido suas propriedades estéticas, mecânicas e sua biocompatibilidade (Christensen, 2012; Kelly, Benetti, 2011). Estas cerâmicas podem ser classificadas de diversas formas, sendo uma delas decorrente de sua reatividade química ao ácido fluorídrico. Esta classificação baseia-se na microestrutura das cerâmicas, sendo as que contêm uma fase vítrea e são expostas ao condicionamento do ácido fluorídrico, apresentarão degradação da matriz vítrea, e são classificadas como ácido-sensíveis; e as que têm fase cristalina, são chamadas de ácido-resistentes porque não sofrem esta degradação (McLaren, Figueira, 2015).

Na Odontologia atual, os cirurgiões-dentistas buscam um material que possa ter resistência e estética. Os sistemas cerâmicos que possuem dissilicato de lítio em sua composição são amplamente utilizados por possuírem essas características. Estes materiais contêm uma fase vítrea e algum conteúdo cristalino; sendo este último responsável pela elevada resistência à fratura. O dissilicato de lítio, mesmo apresentando pouco conteúdo da fase vítrea, alcança ótima estética (Lien et al., 2015).

O primeiro sistema do dissilicato de lítio, conhecido como IPS Empress 2, foi introduzido em 1988 pela Ivoclar Vivadent e o próximo sistema chamado IPS Emax Press foi lançado em 2001, assim se popularizou por suas vantagens, possibilitando a confecção de restaurações de forma monolítica (Höland et al., 2006; Tysowsky, 2009). Este tipo de cerâmica, pela composição da microestrutura, é indicado para confecção de restaurações parciais do tipo inlays, onlays, overlays, coroas unitárias e em alguns casos para prótese parcial fixa de três elementos (Lien et al., 2015).

O dissilicato de lítio é um material consagrado no mercado pelos índices de sucesso e excelentes características tribológicas (Tysowsky, 2009). Segundo alguns estudos laboratoriais e como demonstrado pelo fabricante, observam-se resultados com valores de uma média de resistência à flexão de 400Mpa e propriedade de tenacidade à fratura em torno de $2,75\text{Mpa.m}^{1/2}$ (Lien et al., 2015; Zogheib et al., 2011), propriedades estas que favorecem a submissão a forças mastigatórias. Por outro lado, as propriedades mecânicas das cerâmicas dependem muito da sua forma de processamento, podendo resultar em muitos casos em defeitos internos do material, como a porosidade (Gonzaga et al., 2009; Siarampi et al., 2012).

Este material passa por um processo de laboratório de injeção ou prensagem, o que caracteriza a técnica como sensível, além do tempo clínico aumentado por possíveis falhas no material (Tang et al., 2014). Com o intuito de melhorar propriedades mecânicas e principalmente o tempo clínico/laboratorial, foi introduzido o sistema computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD-CAM) (Li et al., 2014). Destacam-se entre as vantagens do CAD-CAM, a fabricação industrial de blocos com redução da presença de falhas internas e confecção da restauração por uma máquina fresadora a partir da virtualização do preparo obtido pelo escaneamento intraoral (chairside) ou de modelo (labside), processo que diminui consideravelmente os passos para obtenção da restauração (Alghazzawi, 2016; Li et al., 2014).

Na última década, as restaurações feitas pelo método de CAD-CAM têm ganhado espaço. O IPS Emax CAD foi introduzido em 2006 e este bloco é comercializado em fase pre-cristalina que depois da usinagem passa por um processo de queima para chegar à cor selecionada (Lien et al., 2015). Vários estudos clínicos com restaurações de recobrimento total e parcial foram realizados com este material mostrando resultados promissores (Batson et al., 2014; Fasbinder et al., 2010; Guess et al., 2013; Rauch et al., 2018; Seydler,

Schmitter, 2015). Numa revisão de literatura, realizada por Pieger et al. (2014), com inclusão de pesquisas com IPS Emax CAD, observou-se uma taxa de sobrevivência de 97,8% em 5 anos de acompanhamento.

Apesar de os índices de sucesso serem altos, ainda há algumas situações que requerem melhorias. Há limitações em dentes posteriores, onde existe uma sobrecarga mastigatória maior que em dentes anteriores, o que compromete a restauração e a torna mais vulnerável à falha (Alkadi, Ruse, 2016). A distribuição das forças oclusais em indivíduos sem nenhuma alteração oclusal é maior na região de molares, chegando a imprimir uma força máxima média de 400N; já em indivíduos com alguma disfunção, como nos casos de bruxismo, esta força pode chegar a 800N (Imamura et al., 2015; Quiudini et al., 2017). Algumas das falhas que podem ocorrer devido às limitações deste tipo de material são trincas ou fraturas catastróficas, ajuste marginal inadequado e desgaste de dentes antagonistas opostos à restauração (Kang et al., 2013; Lee et al., 2014).

A tolerância ao dano do dissilicato de lítio não depende somente do método de fabricação, mas também quanto à tenacidade de fratura apresentada por este material. Esta tenacidade parece ser influenciada pelo tamanho dos grãos, uma vez que estes impedem a propagação das trincas que podem levar a uma falha catastrófica (Robert Kelly, 2004). Esta cerâmica apresentou uma taxa de sobrevivência de 96,3% em dois anos quando da análise de um estudo retrospectivo de restaurações tipo onlay, sendo confeccionadas e avaliadas 37 restaurações, das quais 31 foram com IPS emax CAD e destas 5 restaurações falharam, sendo 3 por fratura (Archibald et al., 2018).

Um fator crítico comparando as restaurações de dissilicato de lítio prensado e usinado é o ajuste marginal, o qual pode apresentar desadaptação, levando a efeitos deletérios como manchamento marginal, degradação do cimento ou cárie secundária (Mounajjed et al., 2016; Pieger et al., 2014). Em

uma revisão das duas técnicas de confecção da restauração, concluiu-se que as prensadas obtiveram menor fenda marginal que as usinadas (Mounajjed et al., 2016). Desta maneira, a qualidade do preparo para restaurações CAD-CAM deve ser mais refinada e uniforme, sem retenções que possam impedir a adaptação (Ahlers et al., 2009a).

Em relação ao desgaste dos dentes antagonistas opostos à restauração, este depende de muitos fatores, sendo um deles a microestrutura do material restaurador. O desgaste normal do dente por ano é de 20 μ m (Costa et al., 2014; Krämer et al., 2006) e o ideal seria ter uma restauração compatível com o desgaste anual médio do esmalte.

Existem possibilidades de contornar alguns problemas já citados como fraturas catastróficas e desgaste dos dentes antagonistas opostos à restauração. A utilização de um material que tenha um melhor comportamento com a estrutura dentária seria interessante, sendo que comercialmente existem blocos como as cerâmicas do tipo híbridas ou nanoresinas com maior quantidade de carga (Li et al., 2014; Silva et al., 2017). Um destes tipos de blocos foi lançado em 2013 e é comercialmente distribuído pela Voco com o nome de Grandio Blocs. A composição deste material com 86% de conteúdo em carga inorgânica resulta em uma maior resistência e estabilidade (Della Bona et al., 2014).

De acordo com o fabricante, o módulo de elasticidade das nanoresinas mostram valores entre as cerâmicas e resinas compostas indiretas, tendo assim uma resistência à flexão de 330Mpa (Swain et al., 2016). Estes dados nos levam a crer que este tipo de material pode ter um comportamento clínico superior em relação a falhas catastróficas e desgaste de dentes antagonistas. As indicações, segundo o fabricante, são para restaurações tipo inlays, onlays, overlays, coroas totais unitárias e em alguns casos podem ser utilizadas em áreas de maior esforço (He, Swain, 2011).

Entre outras vantagens dos blocos de resina pelo método de CAD-CAM,

tem-se a possibilidade de reparo com resina composta, uma vez que possuem em sua estrutura componentes como UDMA e TEGMA (Elsaka, 2015); além de boa adaptação interna comparados a outros blocos do tipo poliméricos (Goujat et al., 2018).

Uma ferramenta muito utilizada na Odontologia para analisar os efeitos de diferentes tipos de materiais, com diferentes módulos de elasticidade e resistência à fratura, com diferentes tipos de preparo é a utilização de formulações de teorias matemáticas por elemento finito (Mei et al., 2016). O preparo cavitário é uma das principais razões para a fratura do dente ou da restauração de cerâmica (Ona et al., 2011). Quando o dente perde parte da sua estrutura, especialmente a crista marginal, a cavidade se torna mais suscetível a deformações quando estressada (Pereira et al., 2013).

Um dos princípios dos preparos cavitários é proteger o dente natural o máximo possível (Banerjee et al., 2017). Consequentemente, as diretrizes de preparos tradicionais para restaurações parciais metálicas não são tão amigáveis/conservadoras quanto às de cerâmica, uma vez que muitas vezes levam a perdas consideráveis de esmalte (Christensen, 1988). Com o desenvolvimento contínuo dos materiais e cerâmicas odontológicas, com processos de fabricação inovadores como cad/cam, surge a questão se as diretrizes de preparos para restaurações parciais cerâmicas poderiam ser adaptadas para abordagens minimamente invasivas preservando mais tecido sadio (Ahlers et al., 2009b; Dal Piva et al., 2021; Magne et al., 2012; Politano et al., 2018; Rocca et al., 2015; Veneziani, 2017).

Poucos estudos clínicos de restaurações onlay foram publicados comparando materiais cerâmicos e poliméricos (Chabouis et al., 2013). Apesar dos achados relatados acima, não existem dados clínicos suficientes que suportem a aplicação destes materiais acima reportados. Além dos aspectos clínicos, o entendimento sobre as possíveis diferenças nas distribuições de

tensões em relação ao material utilizado e preparo realizado poderia nortear as decisões clínicas quando se utilizam restaurações indiretas.

Portanto o objetivo do nosso trabalho é avaliar o comportamento clínico e o desgaste por meio de um software de metrologia (GOM inspect) de duas restaurações indiretas de recobrimento parcial, IPS emax CAD e Grandio Blocs em estudo de série de casos de um ano de acompanhamento, assim como determinar o comportamento *in silico* de restaurações indiretas com diferentes tipos de preparo para recobrimento parcial utilizando estes materiais. Para isto, são apresentados dois artigos que englobam estes objetivos. O trabalho inicial tinha como objetivo avaliar o comportamento de duas restaurações indiretas de recobrimento parcial, IPS emax CAD e Grandio Blocs pelo período de 24 meses em estudo clínico randomizado; e a pandemia impediu fazer os controles pelo que apenas resultados parciais foram obtidos (Anexo B).

2 ARTIGOS

2.1 Artigo – Benitez PLS, Luz JN, Riquieri H, Saavedra GSFA, Caneppele TMF, Bresciani E. Sucesso clínico e medição de desgaste utilizando software para metrologia comparando dois tipos de materiais CAD/CAM utilizados para restaurações onlay: Serie de casos / *Clinical success and wear measurement using metrology software for comparing two types of CAD / CAM materials in onlay restorations: A case series* *

RESUMO

Esta série de casos apresenta o sucesso clínico e uma metodologia inovadora para medir o desgaste de restaurações usando um software de metrologia comparando as superfícies do resultado imediato com o controle de 6 meses e 1 ano. A técnica usada para a fabricação das restaurações pelo método CAD/CAM melhora o tempo de finalização e diminui erros. O tratamento foi avaliado com critérios clínicos até o acompanhamento de 1 ano, sem diferenças clínicas, e complementado com avaliação de desgaste obtendo um resultado satisfatório.

Palavras-chave: CadCam. Onlay. Resina Composta. Cerâmicas.

ABSTRACT

This series of cases presents the clinical success and an innovative methodology to measure the wear of restorations using metrology software comparing the surfaces of the immediate result with the 6-month and 1-year follow-ups. The technique used to manufacture the restorations using the CAD / CAM method improves the completion time and reduces errors. The treatment was evaluated with clinical criteria until the follow-up of 1 year, with no clinical differences, and complemented with wear evaluation, obtaining a satisfactory result.

Keywords: CadCam. Onlay. Composite resin. Ceramics.

*Artigo elaborado de acordo com as normas do Periódico *Journal of Prosthetic Dentistry* (Print version ISSN 0022-3913).

INTRODUCTION

In extensively destroyed posterior teeth, many approaches can be applied when indirect restorations of partial cusp coverings (also called onlays) are to be employed. Those alternatives are more conservative options compared with conventional crowns.¹ The chosen material for this type of restoration should present biocompatible, mechanical and esthetic properties. Dental ceramics and resin composites are used for posterior tooth restorations and the choice of material type will depend on each case.²

In current Dentistry, clinicians seek for materials that present adequate strength and esthetics. Ceramic systems presenting lithium disilicate in their composition are widely used, as they have those desired characteristics.^{2,3} Although the clinical success rates of restorations using lithium disilicate ceramics are high, there are still some situations that require improvements. The CAD / CAM system reduces the process of obtaining the restoration as well as the clinical time, which can improve some failures by decreasing the number of steps.⁴

Lithium disilicate is a well-known material in the market due to its success rates and excellent tribological characteristics. According to some laboratory studies and as shown by some manufacturers, results of observed flexural strength are in average close to 400Mpa.³ There are limitations in posterior teeth, where there is a greater masticatory overload than in anterior teeth, fact that compromises restoration and makes it more vulnerable to failure. Moreover, wear of the restoration or the antagonist tooth can be accelerated by parafunctional activities.^{4,5}

The hardness of ceramic lead to more resistance to wear; on the other hand, rough surfaces might induce some wear of the antagonist.⁵ Within the categories of CAD / CAM blocks, once find those with resin matrix called hybrids. They present ceramic in their composition, but modulus of elasticity is

usually similar to the natural tooth. The advantage of using this composite material is that laboratory phase has fewer steps, and it is ease for milling. For the clinical phase, they are easy to adjust, repolish, as well as to repair because it presents resin matrix.⁶

Regarding the wear of the restoration or antagonist tooth opposite to the restoration, that depends on several factors and the microstructure of the restorative material is highlighted.⁶ A 20µm tooth wear per year is considered normal and a restoration compatible with that average annual enamel wear would be ideal, fact that would result in a better behavior with the dental structures.⁷ Systematic assessment of early excessive wear patterns might help the monitoring of the restorations. The longevity of onlay restoration is conditioned by a number of factors, highlighting patient's habits, so recalls are required to follow-up and to avoid or prevent failures.²

Many in vivo studies have monitored the wear of restorations using replication in epoxy resin or plaster casts.⁸ CAD / CAM technology allows the monitoring of restorations after cementation by using images generated by intraoral scanning. Those images in conjunction with metrology software used for surface measurements might aid the assessment and control of early problems, especially those related to tooth/restoration wear.^{9,10} Few clinical studies have been published using these tools to measure wear of restorations. Therefore, the objective of our work is to report the success of a case series and to present a methodology for wear measurement using metrology software comparing two types of CAD/CAM (lithium disilicate and resin composite) materials used for onlay restorations.

CASE REPORT

The clinical procedures were performed by a single trained operator in volunteers requiring an indirect restorative procedure in posterior tooth.

Volunteers fulfilled the predetermined inclusion / exclusion criteria. The patients were treated at the Institute of Science and Technology (Unesp) and signed a written informed consent form for participation. The study was approved by the local Institutional Review Board (2.819.786). In this case series, 4 patients, between 59 and 67 years old participated.

In this case series, two restorations of each type of materials (composite resin (Grandio Bloc) and lithium disilicate (EmaxCad)) were performed. All cases were onlay restorations, as presented by images of Case 1 and Case 2 (Fig. 1) having defective restorations and caries associated with restoration, for which indirect restoration with composite resin block was performed; in Case 3 and 4 (Fig. 2), they had acrylic resin provisionals for which indirect restoration with lithium disilicate block was performed; for all patients the restorations were randomly selected.

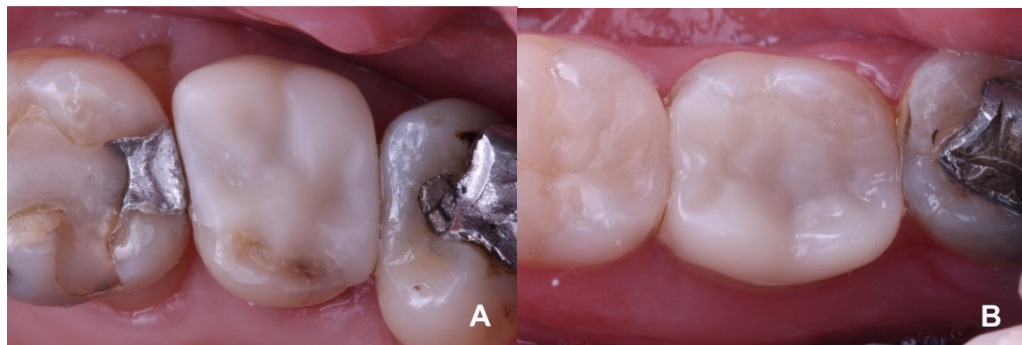


Figure 1. Restorations with resin composite blocks. A, Restoration of the case (second maxillary right molar)1. B, Restoration of the case 2 (second mandibular left molar).

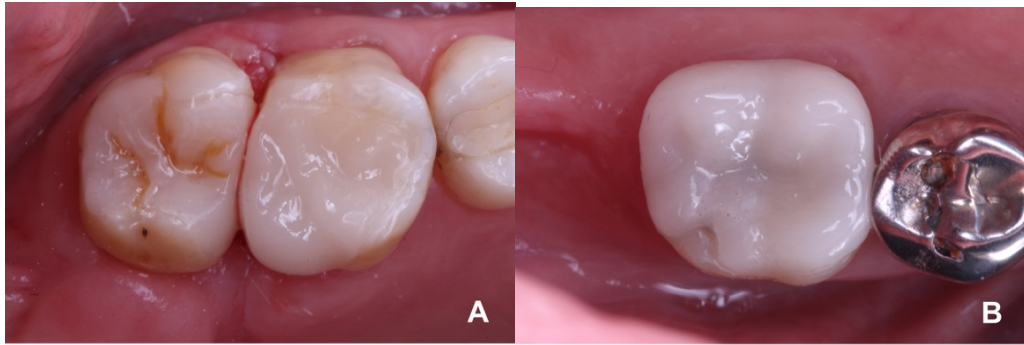


Figure 2. Restorations with EmaxCad. A, Restoration of the case 3 (first maxillary left molar). B, Restoration of the case 4 (first maxillary left molar).

After the dental remnant and occlusion analysis, tooth preparation begins with the removal of the existing defective restoration and the selective removal of infected tissues. The cavity margins ideally end in enamel and in cases where the margin is subgingival or in dentin, the margin elevation was performed with resin composite to facilitate both digital impression and future cementation. The exposed dentin walls were sealed with adhesive protocol. Undermined walls, but still presenting adequate remnant, received flowable resin restoration with the purpose of structure protection and for dissipation of tensions during occlusal loading.

Tooth preparation followed the general principles and guidelines for ceramic onlay. Requirements that allow an adequate design were followed, such as cavity walls with divergence towards occlusal and rounded internal angles, remaining wall thickness of at least 2 mm, reduction of non-functional cusps of 1.5 mm and 2 mm in functional cusps, margin preparations without bevel and when covering the cusps, the termination was perpendicular to the enamel prisms (wide chamfer). After filling undermined walls of the cavity, the tooth was prepared following the principles already mentioned and nonretentive concepts.¹¹

After the preparations, a digital impression was made with an intraoral scanner of the CareStream system (CS 3600), scanning the quadrant, scanning the antagonist, recording of the bite and recording of the color for future restoration. The restorations were designed using the ExoCad software and machined with the milling unit (Ceramill Motion 2, AmannGirrbach); emaxCAD restorations have undergone a crystallization process.

For cementation, the adaptation and occlusion of the restoration were evaluated, adjustments were made if necessary. The teeth received rubber dam isolation and a prophylaxis prior to cementation. The internal surface of the restorations was blasted with aluminum oxide for 20s (Bioart). Fluorifric acid was applied for 20s (Porcelain etch) only for emaxCad restorations. The further application of silane (Ceramic Bond) was performed for 60 seconds for both restorative materials.

After the internal treatment of the restoration, the cavity was first blasted with aluminum oxide for 10s, followed by the application of the dual universal adhesive (Futura Bond DC) for 20 seconds and no lightcuring. Resin restoration were cemented with dual curing resin cement (Bifix QM, VOCO), while lithium disilicate restorations were cemented with another resin cement (Multilink N, Ivoclar Vivadent). Restorations and cement in the internal aspect of indirect pieces were taken into place with the aid of a stick (KG Sorensen). Excess cement was removed with a brush and dental floss in the proximal areas. The lightcuring (Bluephase – output irradiance at 1200 mW/cm²) was carried out for 40 seconds on each surface of the tooth. Bite and occlusion were checked after cementation was finished.

After cementing the restorations, evaluations were carried out after 7 days, 6 months, and 1 year. To evaluate the restorations, the criteria proposed by the modified USPHS were used. After 6 months and 1 year of follow-up, wear assessments were performed by the GOM Inspect data measurement software on

the occlusal aspect of restorations. To obtain the 3D model, the restored tooth was molded with addition silicone and thus obtained a plaster cast that was scanned with a bench scanner (InEos Blue, Sirona). The impressions were made after 7 days of cementation serving as "Baseline" and for comparing with 6 months and 1-year impressions to quantify the wear of the restoration. Contact points were identified with carbon paper and recorded with photographs considering possible future shift in contact points resulted from restoration wear.

After obtaining the 3D models in stl format, images were imported into a printing software (Meshmixer) for excess trimming and for isolating the occlusal surface of the restoration to be evaluated. In order to analyze the wear of the occlusal surfaces, the stl file was imported into the Gom inspect software. First the images were pre-aligned for superimposition; thus, the calculation of the wear value was made by comparing surfaces. The result obtained recorded the maximum loss of height of the occlusal surface. The visualization of the results is presented through a visual colorimetric scale, in which each shade represents the amount of wear.

In this case series, both restorative protocols received alpha score during the 6-month and 1-year assessment for all restorations. The amount of wear of the restorations was analyzed using data measurement software with 6-month (Fig. 1) and 1-year follow-up (Fig. 2) with 4 patients evaluated, 2 of which were GrandioBlocs and 2 for EmaxCad restorations. The result is represented by a color mapping where each shade represents a quantity of wear. The result obtained by the images was insignificant, showing a slight difference with more wear in the images of Case 2 with restoration of GrandioBlocs (Fig. 2).

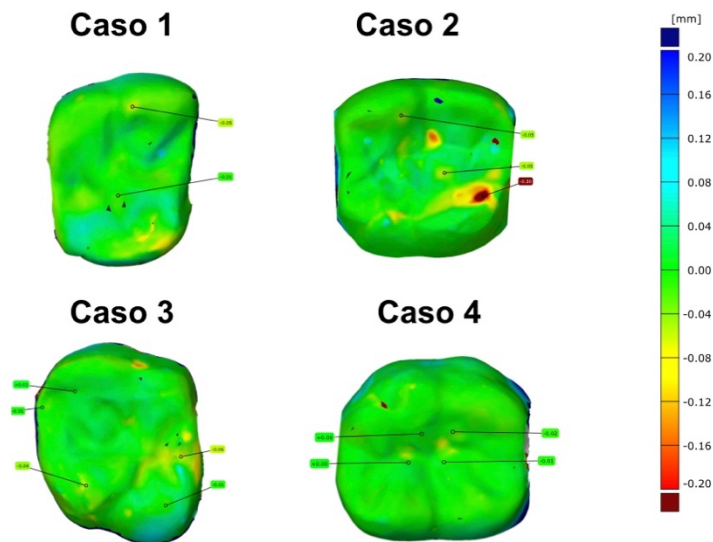


Figure 3. Wear analysis after 6 months of follow-up

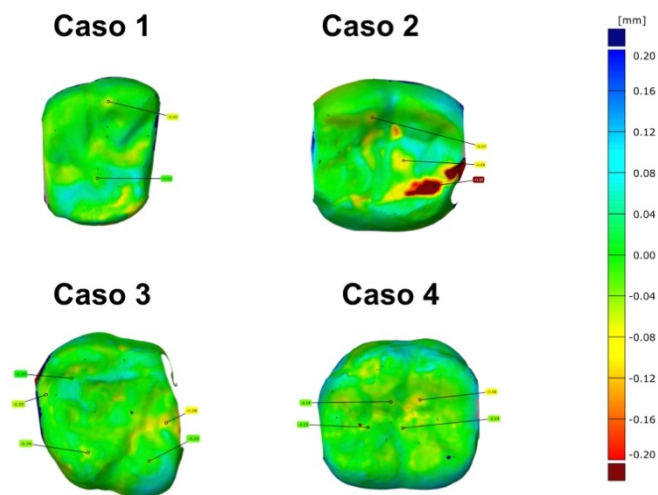


Figure 4. Wear analysis after 1 year of follow-up

DISCUSSION

This case series shows that a more accurate control of the behavior of restorations could be obtained through technology, helping prevent any future failure due to changes in the patient's habits.¹⁰ The scanning feature provides

the advantage of recording the restoration each period in a three-dimension view via stereolithography (STL) files. Those files can be compared using metrology, being a direct method compared to other reported techniques.¹²

The results of the present case series reveal resin composite restorations have small areas with light wear that are considered insignificant compared to lithium disilicate restorations. That lack of difference might be related to the physical and mechanical properties of the two tested materials.¹³ The wear of resin composite restorations can be greater than the ceramics', which can be considered an indicative for patients with some type of parafunction. The use of such materials in those patients is important to generate less wear on the antagonist tooth, with the main objective to protect the tooth by using more resilient materials. The main concern of opting to use resin composite resin blocks is to maintain adequate roughness and esthetics over the years in service, as shown by the literature.⁸⁻¹⁰

All the cases presented in this study were vital teeth, so the preparation was the most conservative when compared to non-vital teeth, as those loose tooth structure and resistance to compression to masticatory forces. The results of non-vital tooth restoration might be different considering the reported characteristics.¹⁴ The termination of the preparation of the restoration can lead to failures in the interface and thus impair the longevity of the restoration. An advantage or disadvantage of the resin composite blocks is that its wear rate is similar to the resin cement. This can be confirmed by the assessed clinical evaluation criteria and with the methodology used in this series of cases.¹²

Wear measurement by the direct method with intraoral scanner was validated by a clinical study comparing with X-ray computed microtomography that considers the technique to be acceptable.¹² The limitations of the process may be for calibration of the operator in using the scanner in the direct method or in the traditional molding in the indirect method, so it is recommended to

conduct clinical studies comparing the two methods.

The CAD / CAM technology has improved communication between dentist and prosthetic laboratory, but it is considered expensive and needs professional training.¹⁵ Thus, wear analysis can become directly unviable by intraoral scanning, so the indirect technique using plaster casts scanning becomes an option, but with the disadvantage of possible errors resulting from the replication process.

SUMMARY

The technology used to measure the wear in this case series of indirect partial restoration with cusp coverage had a satisfactory result and was considered a replicable methodology. The minimum wear shown in restorations that were made with composite resin blocks can be controlled with repolling and periodic controls.

REFERENCES

- 1. Morimoto S, Rebello de Sampaio FB, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res. 2016;95(9):985-994. doi:10.1177/0022034516652848*
- 2. Abduo J, Sambrook RJ. Longevity of ceramic onlays: A systematic review. J Esthet Restor Dent. 2018;30(3):193-215. doi:10.1111/jerd.12384*
- 3. Alkadi L, Ruse ND. Fracture toughness of two lithium disilicate dental glass ceramics. J Prosthet Dent. 2016;116(4):591–6. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.009. PMID: 27112410.*
- 4. Azar B, Eckert S, Kunkela J, Ingr T, Mounajjed R. The marginal fit of lithium*

disilicate crowns: Press vs. CAD/CAM. Braz Oral Res. 2018;32:e001. doi:10.1590/1807-3107/2018.vol32.0001

5. Lee A, Swain M, He L, Lyons K. Wear behavior of human enamel against lithium disilicate glass ceramic and type III gold. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1399–405. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.08.002. PMID: 25311791.

6. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res.* 2014;93(12):1232-1234. doi:10.1177/0022034514553976.

7. Krämer N, Kunzelmann K-H, Taschner M, Mehl A, Garcia-Godoy F, Frankenberger R. Antagonist Enamel Wears More Than Ceramic Inlays. *J Dent Res.* 2006;85(12):1097–100. doi: 10.1177/154405910608501206.

8. Ahmed KE, Whitters J, Ju X, Pierce SG, MacLeod CN, Murray CA. Clinical Monitoring of Tooth Wear Progression in Patients over a Period of One Year Using CAD/CAM. *Int J Prosthodont.* 2017;30(2):153-155. doi:10.11607/ijp.4990

9. Esquivel-Upshaw JF, Rose WF Jr, Barrett AA, et al. Three years in vivo wear: core-ceramic, veneers, and enamel antagonists. *Dent Mater.* 2012;28(6):615-621. doi:10.1016/j.dental.2012.02.001

10. Aladağ A, Oğuz D, Çömlekoğlu ME, Akan E. In vivo wear determination of novel CAD/CAM ceramic crowns by using 3D alignment. *J Adv Prosthodont.* 2019;11(2):120-127. doi:10.4047/jap.2019.11.2.120

11. Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations. *J Adhes Dent.* 2018;20(6):495-510. doi:10.3290/j.jad.a41630

12. F Esquivel-Upshaw J, Hsu SM, Bohórquez AC, et al. Novel methodology for measuring intraoral wear in enamel and dental restorative materials. *Clin Exp Dent Res.* 2020;6(6):677-685. doi:10.1002/cre2.322

13. Skorulska A, Piszko P, Rybak Z, Szymonowicz M, Dobrzyński M. Review on

Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry-Application, Mechanical Characteristics and Comparison. Materials (Basel). 2021;14(7):1592. Published 2021 Mar 24. doi:10.3390/ma14071592

14. Tribst JPM, Lo Giudice R, Dos Santos AFC, et al. Lithium Disilicate Ceramic Endocrown Biomechanical Response According to Different Pulp Chamber Extension Angles and Filling Materials. *Materials (Basel). 2021;14(5):1307. Published 2021 Mar 9. doi:10.3390/ma14051307*

15. Lebon N, Tapie L, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations - dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint. Part A: chairside milling machines. *Int J Comput Dent. 2016;19(1):45-62.*

2.2 Artigo – Benitez PLS, Tribst JPM, Borges ALS, Bresciani E. Preservação de cúspides funcionais ou não funcionais para restaurações dentárias com diferentes materiais restauradores indiretos: Estudo 3D de Elemento Finito / The preservation of functional or nonfunctional cusps for dental restorations with different indirect restorative materials: 3D FEA Study*

RESUMO

Problema. Faltam evidências sobre o efeito do desenho de preparação para diferentes materiais restauradores de cad / cam, considerando a preservação das cúspides.

Objetivo. O objetivo desta análise de elementos finitos foi avaliar a distribuição de tensões de dois materiais restauradores, IPS emax CAD e Grandio Blocs, em dois tipos de desenho de preparo dentário para onlay envolvendo cúspides funcionais ou não funcionais.

Material e métodos. Os molares foram modelados em quatro desenhos de preparação para restauração onlay: preparo tradicional com cobertura da cúspide funcional (TFC), preparo não retentivo com cobertura da cúspide funcional (NFC), preparo tradicional com cobertura da cúspide não funcional (TNFC), preparo não retentivo com cobertura de cúspide não funcional (NNFC). As restaurações foram simuladas com dois materiais restauradores CAD / CAM: LD - dissilicato de lítio (emaxCad) e RC - resina composta (GrandioBloc). Uma carga axial de 100 N foi aplicada à superfície oclusal simulando o ponto de contato cêntrico. As tensões de Von Mises (VM) e as tensões principais máximas (Pmax) foram avaliadas para restaurações onlay, a camada de cimento e o substrato dentário.

*Artigo elaborado de acordo com as normas do Periódico *Journal of Prosthetic Dentistry* (Print version ISSN 0022-3913).

Resultados. O desenho do preparo não retentivo melhorou a concentração de tensões na estrutura dentária em comparação com o desenho retentivo convencional. Para os onlays LD, a distribuição de tensões na superfície interna da restauração mostrou que o desenho da preparação influenciou a distribuição de tensões, bem como a opção de cúspide preparada.

Conclusões. O desenho do preparo não retentivo proporcionou melhor distribuição de carga em ambos os materiais restauradores e mais vantajoso para a estrutura dentária. A restauração de resina composta em cúspides não funcionais é recomendada quando a cúspide funcional está preservada, para ser mais conservadora.

Relevância Clínica

As preparações não retentivas podem ser realizadas em vez das preparações tradicionais em restaurações onlay para distribuir a concentração de tensões. A preparação da cúspide funcional ou não funcional pode depender do tipo de material restaurador a ser utilizado.

Palavras-chave: CadCam. Onlay. Elemento Finito. Resina Composta. Cerâmicas.

ABSTRACT

Statement of problem. Evidence regarding the effect of the preparation design for different cad / cam restorative materials considering the preservation of cusps is lacking.

Purpose. The purpose of this finite element analysis was to evaluate the stress distribution of two restorative materials, IPS emax CAD and Grandio Blocs, in two types of tooth preparation design for onlay involving functional or nonfunctional cusps.

Material and methods. Molars were modeled in four preparation designs for onlay restoration: traditional design with functional cusp coverage (TFC), non-retentive design with functional cusp coverage (NFC), traditional design with non-functional cusp coverage (TNFC), non-retentive design with non-functional cusp coverage (NNFC). Restorations were simulated with two CAD/CAM restorative materials: LD - lithium-disilicate (emaxCad) and RC - resin composite (GrandioBloc). A 100 N axial load was applied to the occlusal surface simulating the centric contact point. Von Mises (VM) and maximum principal (Pmax) stresses were evaluated for onlay restorations, the cement layer and the dental substrate.

Results. The non-retentive preparation design improved the stress concentration in the tooth structure in comparison to the conventional retentive design. For LD onlays, the stress distribution on the restoration intaglio surface showed that the preparation design influenced the stress distribution as well as the prepared cusp option.

Conclusions. The design of non-retentive preparation provided better load distribution in both restorative materials and more advantageous for tooth structure. The resin composite restoration on non-functional cusp is recommended when functional cusp is preserved, in order to be more conservative.

Clinical Implications

Non-retentive preparations can be performed instead of traditional preparations in onlay restorations to distribute the stress concentration. The preparation of the functional or non-functional cusp may depend on the type of restorative material to be used.

Keywords: CadCam. Onlay. Finite element. Composite resin. Ceramics.

INTRODUCTION

In the last decade, restorations made using the CAD / CAM methodology have been gaining attention. The IPS Emax CAD was introduced in 2006 and it is marketed in a pre-crystalline phase that, after machining, undergoes a firing process to reach the final selected color.¹ Several clinical studies with full and partial overlay restorations have been carried out with this material showing promising results.²⁻⁴ In a literature review, conducted by Pieger et al., with the inclusion of research with IPS Emax CAD, a 97.8% survival rate was observed in 5 years of follow-up.⁵

Although the success rates are high, there are still some situations that require improvement. There are limitations in posterior teeth, where there is a greater masticatory load than in anterior teeth, which might compromise those posterior restoration, making them more vulnerable to failure.⁶ The distribution of occlusal forces in individuals with no occlusal changes is greater in the molar region, reaching an average maximum force of 400N; in individuals with some dysfunction, as in the cases of bruxism, this force can reach.⁷ Some of the failures that can occur due to the limitations of this type of material are cracks or catastrophic fractures, inadequate marginal adjustment and wear of antagonistic teeth opposed to the restoration.^{8,9}

The damage tolerance of lithium disilicate does not only depend on the manufacturing method, but also on the fracture toughness presented by this

material. This toughness seems to be influenced by the size of the grains, since they prevent the spread of cracks that can lead to catastrophic failure.¹⁰ This ceramic presented a survival rate of 96.3% in two years when analyzing a retrospective study of onlay restorations, being made and evaluated 37 restorations, of which 31 were with IPS emax CAD and of these 5 restorations failed, being 3 by fracture.¹¹

A critical factor comparing the pressed and machined lithium disilicate restorations is the marginal adjustment, which can present mismatch, leading to deleterious effects such as marginal staining, cement degradation or secondary caries.⁵ In a review of the two techniques for making the restoration, it was concluded that the presses obtained a smaller marginal crack than the machined ones.¹² In this way, the quality of the preparation for CAD / CAM restorations must be more refined and uniform, with no retentions that can prevent adaptation.¹³

There are possibilities to circumvent some problems already mentioned, such as catastrophic fractures and wear of the antagonistic teeth opposed to the restoration. The use of a material that has a better behavior with the dental structure would be interesting, since commercially there are blocks such as hybrid type ceramics or nanoresins with a greater amount of fillers.^{14,15} One of these types of blocks was launched in 2013 and is commercially distributed by Voco under the name of Grandio Blocs. The composition of this material with

86% inorganic filler content results in greater strength and stability.¹⁶

According to the manufacturer, the elasticity module of the nanoresins shows values between the ceramic and indirect composite resins, thus having a flexural strength of 330Mpa.¹⁷ These data lead us to believe that this type of material can have a superior clinical behavior in relation to catastrophic failures and wear of antagonistic teeth. The indications, according to the manufacturers, are for inlays, onlays, overlays, single crown restorations and in some cases can be used in areas of greater stress.¹⁸

Cavity preparation design can be one of the main reasons for tooth fracture or restoration.¹⁹ When the tooth loses more of its structure, especially the marginal ridge, the cavity becomes more susceptible to deformations when stressed. Unlike metallic restorations, ceramic restorations with traditional preparations, due to their fragile nature, do not support occlusal loads when they involve the coverage of the cusp of the dental structure.²⁰ Several studies have offered different designs on the preparation of the cavity, ideal for restorations of partial ceramic covering.²¹⁻²⁴

When the surface of the cavity preparation is flat, even the restoration of the cavity with high adhesive strength material cannot guarantee a stable restoration. The creation of retention can reduce the interfacial adhesive strength and increase the survival rate of the restorations, thus decreasing the probability of early detachment. However, the preparation of the retention

grooves sacrifices much of the remaining tooth structure.²⁵ Therefore, retentive forms and conventional preparations must adopt minimally invasive approaches to reinforce fracture resistance and, thus, avoid fractures of non-restorable teeth.

The original tooth stability cannot be fully restored after conventional preparation by using an additional form of retention due to the invasiveness of the technique. The principle of cavity preparation should be to conserve the natural tooth as much as possible.²⁶ As a result, traditional preparation guidelines for partial restorations are not so easy to use as they are invasive, which often lead to considerable enamel loss.²⁰

With the continuous development of dental materials and ceramics with innovative manufacturing processes such as cad / cam, the question that arises is whether the preparation guidelines for partial ceramic restorations could be adapted for minimally invasive approaches while preserving more healthy tissue. Therefore, the aim of the present study was to biomechanically analyze various preparation designs for lithium disilicate ceramic and resin composite onlays under simulated tensions induced by chewing. In particular, if the risk of fracture is greater with lithium disilicate ceramic restorations than with cad/cam resin restorations.

MATERIAL AND METHODS

A three-dimensional geometry will be obtained with the aid of CAD

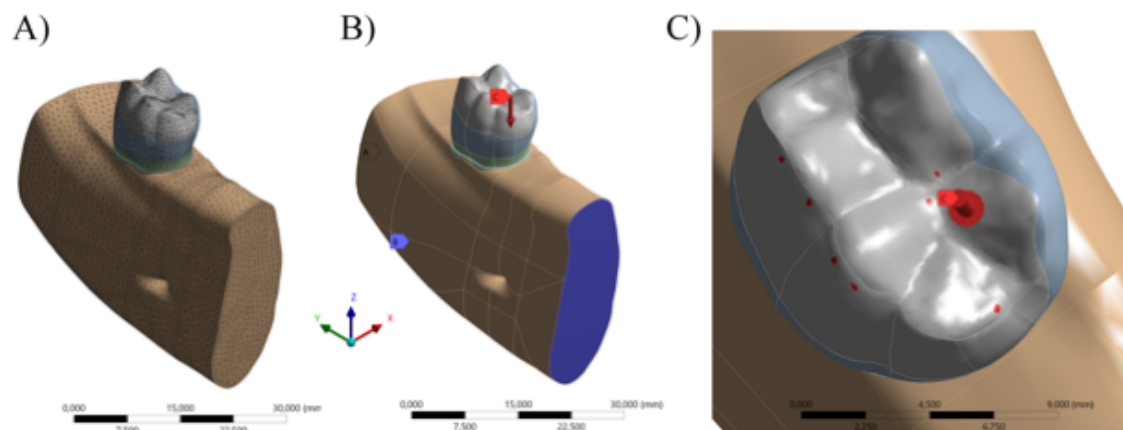
(Computer Aided Design) software (Rhinoceros® version 4.0). The 3D teeth were obtained from a scan of preparations made in resin models, in which the teeth presented anatomy based on the literature. In this step, the models were generated from lines drawn over the image in STL, in which the main anatomical landmarks are chosen, generating lines over them, such as which referenced the surface. Molars were modeled in four preparation designs of onlay restoration: traditional with functional cusp coverage (TFC), non-retentive with functional cusp coverage (NFC), traditional with non-functional cusp coverage (TNFC), non-retentive with non-functional cusp coverage (NNFC). Onlay restorations were simulated with two CAD/CAM restorative materials: lithium-disilicate – emaxCad (LD) and resin composite - GrandioBloc (RC).

The design for the traditional onlay preparation were created with a 2.7mm depth, 2.3mm opening of the isthmus and 1.2mm opening of the gingival wall. The cavity walls of the preparation were tapered 6 to 10°. The functional (2mm) and non-functional (1.5mm) cusps were reduced considering the specific design of each group. The non-retentive preparation following the natural tooth morphology (2 mm on functional cups, 1.5 mm on non-functional cusp), all angles and walls smoothed and rounded.²¹⁻²⁵

After forming the surfaces, they were transformed into solids to provide delimitation of the structures that were studied. These volumes were exported in

STP format (Standard for the Exchange of Product Model Data) so that the software (ANSYS 17.2, ANSYS Inc., Houston, TX, USA) for pre and post processing of finite elements can be used for the analysis. The structures considered for modeling were: onlay preparation (functional or non-functional cusp), lithium-disilicate and resin composite (functional or non-functional cusp), resin cement layer, periodontal ligament and alveolar bone.

Figure 1. FEA processing steps. A, Mesh generation. B, Fixation of the system. C, Axial load application (100 N).



After importing the geometries, the meshes were made, the density was adjusted to obtain sufficient and accurate results. For that, the Ansys 17.2 Software (ANSYS Inc., Houston, TX, USA) was used, in which meshes of quadratic tetrahedral elements are used, characterized by pyramids with a triangular base, with a knot in each vertex and another in the center of each edge, totaling 10 nodes per element. This type of volume element is the most suitable for reproducing complex and curved geometries, such as dental

structures, as it adapts better spatially, thus being a very powerful tool for representing volumes of anatomical geometries.

After editing the models, their specific properties were assigned. At this stage, it is important to check the consistency of the physical quantities used in the model together with the homogeneity of metric systems. In this study, the proper analysis to represent the fracture test was performed by structural static analysis, in which at least two properties, among them the elastic modulus (E) in GPa and Poisson's ratio (ν), must be informed. Thus, each geometry has specific properties that characterized its behavior for an assay within the limits of linearity (Table 1).^{16, 27-31}

Table 1. Mechanical properties of the materials used during the simulation tests

Material	Elastic Modulus (GPa)	Poisson's ratio ν
<i>Enamel</i>	84.1	0.33
<i>Dentin</i>	18.6	0.32
<i>Emax Cad</i>	102.7	0.215
<i>Grandio Blocs</i>	18	0.26
<i>Multilink N</i>	8.2	0.7
<i>Ligament</i>	0.050	0.49

<i>Cortical Bone</i>	<i>12.6</i>	<i>0.253</i>
<i>Cancellous bone</i>	<i>1.148</i>	<i>0.322</i>

The relationship between the geometries determines the transmission of the existing tensions from one element to other at the interface region, thus, it is necessary to define the contacts, for all relationships and for this study, they were all previously considered bonded.

For the simulation of the application of force, in all models, the displacement in all directions was restricted and the load applied by simulating a force of 100N.³² A vertical load on the occlusal surface perpendicular to the load axis simulating the centric contact point was applied.

RESULTS

The visualization of the results of analysis by finite elements was performed visually using a color scale, in which each shade represents a range of stresses or deformations generated in the evaluated structures. For the analysis of the results, the Maximum Principal stress (MPa) was used to assess the stress distribution and concentration in the restoration, cement and dental substrate.

The numerical results are plotted in colorimetric stress maps in Figures 2-4, and the highest values of the Tensile Stress (MPa) are shown in Table 2.

The stress on the tooth structure (enamel and dentin) was calculated using the Maximum probe detected by the Mechanical APDL (ANSYS 19.2, ANSYS Inc., Houston, TX, USA). Observing the stress distribution on the restoration's intaglio surface (Fig. 2), LD onlays (130-95 MPa) showed higher tensile stress concentration in the center of restoration (Fig. 2A, 2C, 2E and 2G) than RC. For RC models, the stress peaks were higher (130 MPa) when TFC preparation design was considered. For LD onlays, the stress distribution on the restoration's intaglio surface showed that the preparation design influenced the stress distribution as well as the prepared cusp. Regardless of the restorative material, the non-retentive preparation design improved the distribution of the stress concentration to the tooth structure in comparison to the conventional retentive design. However, for the conventional preparation, the stress concentration was higher to the restoration itself.

Figure 2. *Maximum principal stress distribution in the restoration's intaglio surface. A, LD TFC. B, RC TFC. C, LD TNFC. D, RC TNFC. E, LD NNFC. F, RC NNFC. G, LD NFC. H, RC NFC.*

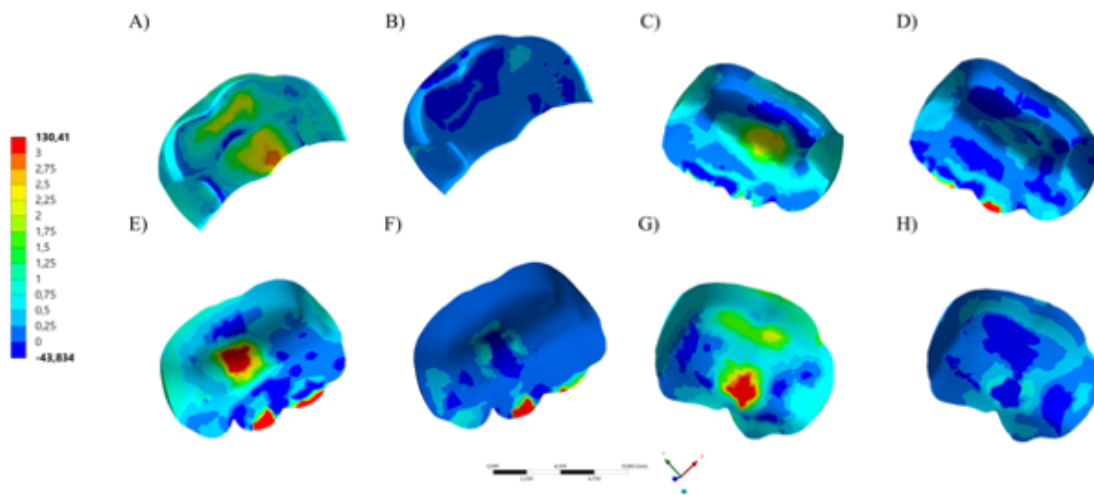


Figure 3. Maximum principal stress distribution in the cement layer. A, LD TFC. B, RC TFC. C, LD TNFC. D, RC TNFC. E, LD NFC. F, RC NFC. G, LD NNFC. H, RC NNFC.

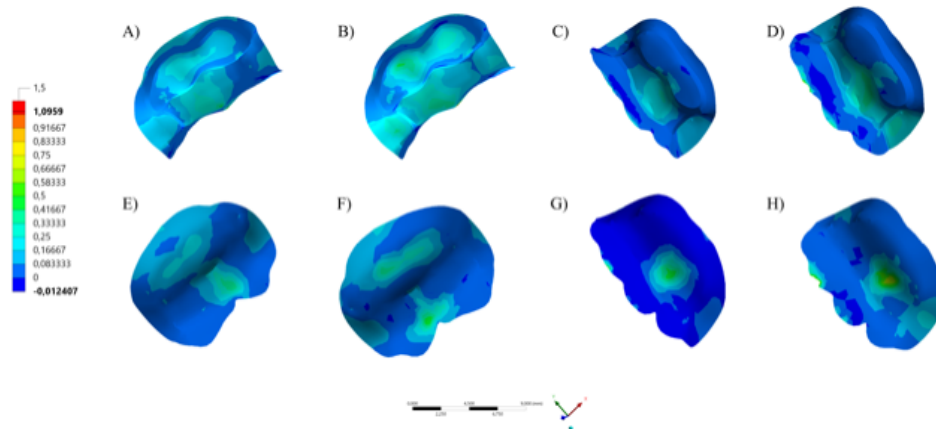


Figure 4. Maximum principal stress distribution in the tooth structure. A, LD TFC. B, RC TFC. C, LD TNFC. D, RC TNFC. E, LD NFC. F, RC NFC. G, LD NNFC. H, RC NNFC.

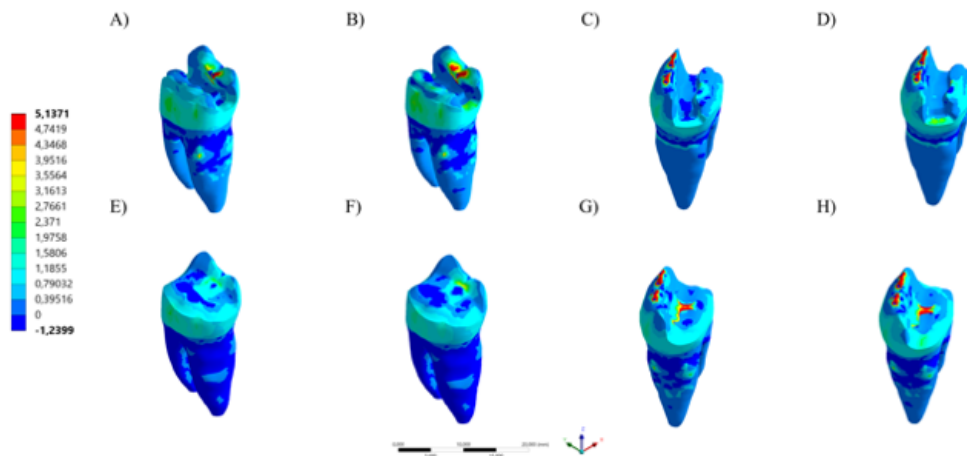


Table 2. Stress peaks calculated for each structure according to the material tested and preparation design (MPa).

<i>Material</i>	<i>Preparation Design</i>	<i>Cusp</i>	<i>Tooth structure</i>	<i>Cement Layer</i>	<i>Restoration</i>
<i>Lithium Disilicate</i>	<i>Traditional</i>	<i>Functional</i>	32.35	0.61	130.19
		<i>Non-functional</i>	43.17	0.85	95.95
	<i>Non-retentive</i>	<i>Functional</i>	25.13	0.62	103.66
		<i>Non-functional</i>	41.19	0.54	109.17
<i>Resin composite</i>	<i>Traditional</i>	<i>Functional</i>	36.06	1.21	130.41
		<i>Non-functional</i>	42.13	1.62	95.54
	<i>Non-retentive</i>	<i>Functional</i>	26.19	1.19	105.2
		<i>Non-functional</i>	38.39	0.60	103.4

Discussion

The traditional retentive onlay preparation protocols or guidelines were based on classic studies where healthy tissue was often not preserved and cusp coverage is indicated if the cavity extension was two-thirds or greater than the distance from any primary groove to the tip of the cusp.²⁵ Based on the results of the finite element analysis of this study, the non-retentive preparation design showed a more favorable behavior and improved the concentration of stresses in the tooth structure compared to the conventional retentive design.

Restorative dentistry has currently experienced a dramatic increase in minimally invasive restorations. Dentists in order to preserve as much dental structure as possible are constantly changing the traditional guidelines for the design of non-retentive preparations.²² In addition, scientific evidence on enamel and dentin adhesion techniques are reliable, and studies have shown adequate mechanical behavior for non-retentive preparations under load.³³

Dental adhesive systems play a vital role in today's restorative dentistry.³⁴ These adhesive restorations substantially decrease the amount of tooth reduction required during the cavity preparation process, since adhesive restorations do not require extensions for retention.²¹⁻²⁴ It is important to note that most of the margin of the restoration is placed on the enamel, which serves as an excellent bonding surface for the adhesive system. The retention longevity and functionality of the restoration is therefore increased.

The popularity of partial coverage restorations has steadily increased with innovations in adhesive dentistry and adhesive restorative materials.³⁵ Ideally prepared design patterns for partial-coverage restorations are lacking. A common clinical dilemma regarding onlay restorations is related to the design of the cavity. Specifically, there is confusion among dentists as to the width of the occlusal isthmus, remaining thickness of the cusp and when cusp coverage is indicated.³⁶ The traditional principles of cavity preparation in relation to the cover of the cusp are based on restorations of molten metal or amalgam that do not adhere to the dental tissue.

The decision to cover the functional or non-functional cusp in partial coverage preparations may be due to the amount of remaining dental structure.^{23, 36} In the present study, the reduction of functional or non-functional cusps was compared, with the result that when the non-functional cusp was prepared, the stress on the functional cusp increased regardless of the type of preparation. From a clinical point of view, on teeth that already have the worn non-functional cusp, it would be indicated to perform a non-retentive preparation and restore with composite resin in order to be more conservative when not preparing the functional cusp.

The use of ceramics can be indicated in clinical settings where the traditional form of mechanical retention is limited and may allow non-retentive dental preparations, as shown in the stress distribution values on the internal

surface of the restoration in this study. As the technologies and CAD-CAM materials have been improved and are being developed, the design of the preparation margin will not present a significant difference during the manufacturing process.^{35,37}

As no consensus has been reached on how much to wear in onlay preparations today, the guidelines should be geared towards making decisions about when to prepare and what type of material is most appropriate. In line with this clinical philosophy, resin or ceramic onlays are now considered viable alternatives to full coverage crowns, with success exceeding 90% in 10 years.³⁸ However, manufacturers fail to provide guidance on when cusp coverage with ceramic material is indicated.

The design of this study focused on covering the functional or non-functional cusp with two types of preparation of the lower first molar tooth, the results are applicable only for this type of case. The designs of non-retentive preparations used in this study can, theoretically, minimize the concentration of stresses on the tooth structure, however this is transferred to the restoration, so it is important to follow those restorations while in service.

Conclusion

Within the limitations of this study, it is possible to appreciate that:

- 1. Both restorative materials present a suitable applicability in onlay treatments, however preferable non-retentive preparation designs should be performed.*

2. *The functional-cusps preparation is preferred instead of the non-functional-cusps preparation aiming to reduce the stress in the tooth structure.*

REFERENCES

1. Lien W, Roberts HW, Platt JA, Vandewalle KS, Hill TJ, Chu TM. *Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass-ceramic. Dent Mater.* 2015;31(8):928-940. doi:10.1016/j.dental.2015.05.003
2. Guess PC, Selz CF, Steinhart YN, Stampf S, Strub JR. *Prospective clinical split-mouth study of pressed and CAD/CAM all-ceramic partial-coverage restorations: 7-year results. Int J Prosthodont.* 2013;26(1):21-25. doi:10.11607/ijp.3043
3. Rauch A, Reich S, Dalchau L, Schierz O. *Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns:10-year results. Clin Oral Investig.* 2018;22(4):1763-1769. doi:10.1007/s00784-017-2271-3
4. Seydler B, Schmitter M. *Clinical performance of two different CAD/CAM-fabricated ceramic crowns: 2-Year results. J Prosthet Dent.* 2015;114(2):212-216. doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.016
5. Pieger S, Salman A, Bidra AS. *Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. J Prosthet Dent.* 2014;112(1):22-30. doi:10.1016/j.prosdent.2014.01.005

6. Alkadi L, Ruse ND. Fracture toughness of two lithium disilicate dental glass ceramics. *J Prosthet Dent.* 2016;116(4):591-596. doi:10.1016/j.prosdent.2016.02.009
7. Imamura Y, Sato Y, Kitagawa N, et al. Influence of occlusal loading force on occlusal contacts in natural dentition. *J Prosthodont Res.* 2015;59(2):113-120. doi:10.1016/j.jpor.2014.07.001
8. Kang SH, Chang J, Son HH. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. *Restor Dent Endod.* 2013;38(3):134-140. doi:10.5395/rde.2013.38.3.134
9. Lee A, Swain M, He L, Lyons K. Wear behavior of human enamel against lithium disilicate glass ceramic and type III gold. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1399-1405. doi:10.1016/j.prosdent.2014.08.002
10. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am.* 2004;48(2):viii-530. doi:10.1016/j.cden.2004.01.003
11. Archibald JJ, Santos GC Jr, Moraes Coelho Santos MJ. Retrospective clinical evaluation of ceramic onlays placed by dental students. *J Prosthet Dent.* 2018;119(5):743-748.e1. doi:10.1016/j.prosdent.2017.07.004
12. Mounajjed R, M Layton D, Azar B. The marginal fit of E.max Press and E.max CAD lithium disilicate restorations: A critical review. *Dent Mater J.* 2016;35(6):835-844. doi:10.4012/dmj.2016-008

13. Ahlers MO, Mörig G, Blunck U, Hajtó J, Pröbster L, Frankenberger R. *Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns. Int J Comput Dent.* 2009;12(4):309-325.
14. Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. *Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. J Prosthodont Res.* 2014;58(4):208-216. doi:10.1016/j.jpor.2014.07.003
15. Silva LHD, Lima E, Miranda RBP, Favero SS, Lohbauer U, Cesar PF. *Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1):e58. Published 2017 Aug 28. doi:10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0058
16. de Andrade GS, Augusto MG, Simões BV, Pagani C, Saavedra GSFA, Bresciani E. *Impact of simulated toothbrushing on surface properties of chairside CAD-CAM materials: An in vitro study. J Prosthet Dent.* 2021;125(3):469.e1-469.e6. doi:10.1016/j.prosdent.2020.08.028
17. Swain MV, Coldea A, Bilkhair A, Guess PC. *Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. Dent Mater.* 2016;32(1):34-42. doi:10.1016/j.dental.2015.09.009
18. Ruse ND, Sadoun MJ. *Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. J Dent Res.* 2014;93(12):1232-1234. doi:10.1177/0022034514553976

19. Ona M, Watanabe C, Igarashi Y, Wakabayashi N. Influence of preparation design on failure risks of ceramic inlays: a finite element analysis. *J Adhes Dent.* 2011;13(4):367-373. doi:10.3290/j.jad.a19473
20. Pereira JR, McDonald A, Petrie A, Knowles JC. Effect of cavity design on tooth surface strain. *J Prosthet Dent.* 2013;110(5):369-375. doi:10.1016/j.prosdent.2013.08.004
21. Ahlers MO, Mörig G, Blunck U, Hajtó J, Pröbster L, Frankenberger R. Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns. *Int J Comput Dent.* 2009;12(4):309-325.
22. Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations. *J Adhes Dent.* 2018;20(6):495-510. doi:10.3290/j.jad.a41630
23. Rocca GT, Rizcalla N, Krejci I, Dietschi D. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part II. Guidelines for cavity preparation and restoration fabrication. *Int J Esthet Dent.* 2015;10(3):392-413.
24. Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(2):204-230.
25. de Kok P, de Jager N, Veerman IA, Hafeez N, Kleverlaan CJ, Roeters JF. Effect of a retention groove on the shear bond strength of dentin-bonded

restorations. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):382-388.

doi:10.1016/j.prosdent.2016.01.032

26. Banerjee A, Frencken JE, Schwendicke F, Innes NPT. Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. *Br Dent J.* 2017;223(3):215-222.

doi:10.1038/sj.bdj.2017.672

27. Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res.* 1994;73(6):1205-1211. doi:10.1177/00220345940730061201

28. Wendler M, Belli R, Petschelt A, et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing. *Dent Mater.* 2017;33(1):99-109.

doi:10.1016/j.dental.2016.10.008

29. Lopes Cde C, Rodrigues RB, Silva AL, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Novais VR. Degree of Conversion and Mechanical Properties of Resin Cements Cured Through Different All-Ceramic Systems. *Braz Dent J.* 2015;26(5):484-489. doi:10.1590/0103-6440201300180

30. Fill TS, Carey JP, Toogood RW, Major PW. Experimentally determined mechanical properties of, and models for, the periodontal ligament: critical review of current literature. *J Dent Biomech.* 2011;2011:312980.

doi:10.4061/2011/312980

31. Soares CJ, Raposo LH, Soares PV, et al. Effect of different cements on the biomechanical behavior of teeth restored with cast dowel-and-cores-in vitro and FEA analysis. *J Prosthodont.* 2010;19(2):130-137. doi:10.1111/j.1532-849X.2009.00527.x
32. Vianna ALSV, Prado CJD, Bicalho AA, Pereira RADS, Neves FDD, Soares CJ. Effect of cavity preparation design and ceramic type on the stress distribution, strain and fracture resistance of CAD/CAM onlays in molars. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20180004. doi:10.1590/1678-7757-2018-0004
33. Dal Piva AMO, Tribst JPM, Benalcázar Jalkh EB, Anami LC, Bonfante EA, Bottino MA. Minimal tooth preparation for posterior monolithic ceramic crowns: Effect on the mechanical behavior, reliability and translucency. *Dent Mater.* 2021;37(3):e140-e150. doi:10.1016/j.dental.2020.11.001
34. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28(26):3757-3785. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.04.044
35. Skorulska A, Piszko P, Rybak Z, Szymonowicz M, Dobrzyński M. Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry-Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials (Basel).* 2021;14(7):1592. Published 2021 Mar 24. doi:10.3390/ma14071592

36. Griffis E, Abd Alraheam I, Boushell L, Donovan T, Fasbinder D, Sulaiman TA. *Tooth-cusp preservation with lithium disilicate onlay restorations: A fatigue resistance study [published online ahead of print, 2020 Oct 3]. J Esthet Restor Dent.* 2020;10.1111/jerd.12666. doi:10.1111/jerd.12666
37. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, et al. *Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies. J Prosthet Dent.* 2019;121(4):590-597.e3. doi:10.1016/j.prosdent.2018.06.006
38. Morimoto S, Rebello de Sampaio FB, Braga MM, Sesma N, Özcan M. *Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res.* 2016;95(9):985-994. doi:10.1177/0022034516652848

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A indicação de uso de blocos de resina composta inclui inlays, onlays e restaurações de coroa única, sendo similar às indicações para materiais cerâmicos(Grzebieluch et al., 2021). Para uma seleção baseada em evidências do material restaurador mais apropriado, é essencial que o material seja testado e examinado em ensaios clínicos controlados randomizados(Abduo, Sambrook, 2018). Entretanto, o desenvolvimento de blocos de resina está crescendo e a pressão da indústria para comercializar seu material está aumentando. No entanto, existem poucos estudos com este tipo de bloco, e estes incluem a comparação de parâmetros in vitro de blocos de resina com materiais cerâmicos, e alguns estudos clínicos com resultados mistos (Archibald et al., 2017). Uma vez que a resina composta é o material de escolha geral para a maioria dos dentistas para restauração por técnica direta, surge a questão de saber se blocos de resina são realmente um substituto para as cerâmicas quando a restauração é indicada para técnica indireta.

Uma desvantagem dos blocos de resina CAD-CAM em comparação com a vitrocerâmica é a menor resistência à abrasão do material (de Andrade et al., 2021). Portanto, nos casos que foram restaurados com blocos de resina, a resistência ao desgaste deve ser controlada. Os resultados deste estudo confirmaram os resultados de um estudo publicado anteriormente (Stawarczyk et al., 2013). Neste estudo, entretanto, diferenças entre as composições CAD-CAM puderam ser determinadas. Infelizmente, as informações fornecidas pelo fabricante com relação à composição do bloco de resina CAD-CAM são tão superficiais que, a esse respeito, nenhuma outra comparação pode ser feita. Uma vantagem é que quando, há grande perda de material dos compósitos CAD-CAM, os antagonistas são apenas ligeiramente danificados quando comparados

aos antagonistas de dentes restaurados com cerâmica. Vários estudos já trataram esse problema (Stawarczyk et al., 2015; Wiegand et al., 2015) e mostraram que as perdas materiais dos compósitos CAD-CAM, que são causadas durante o período clínico de desgaste, podem ser reparadas, permitindo um uso clínico estendido. Do ponto de vista biomimético, salvar tecidos biológicos parece fazer sentido, justificando o emprego e indicação destes materiais à base de compósitos (Bazos, Magne, 2014).

Estudos prévios de desgaste in vivo revelaram problemas metodológicos fundamentais. Em primeiro lugar, o efeito individual de cada sujeito na quantidade de desgaste leva a uma grande variabilidade dos resultados (Mounajjed et al., 2016). Portanto, ensaios clínicos que envolvem muitos participantes têm sido propostos para investigação de desgaste clínico.

Esta série de casos clínicos demonstra que podemos controlar de maneira mais precisa o comportamento das restaurações usando a tecnologia, o que pode ajudar a prevenir algum insucesso futuro devido a alguma mudança de hábitos do paciente. O escâner proporciona a vantagem de registrar a restauração cada período numa visão tridimensional via arquivos de estereolitografia (.stl) para depois ser comparada usando a metrologia, sendo um método direto comparado a outras técnicas (F Esquivel-Upshaw et al., 2020).

Em resumo, este estudo demonstrou um novo método para medir o desgaste clínico dos dentes e restaurações indiretas com técnicas de réplica por moldagem convencional ou moldagem digital sem a necessidade de usar réplicas em pedra ou acrílico. Além disso, o método pode gerar imagens que arquivadas podem auxiliar o clínico no controle das restaurações em consultas intermediárias, atuando como um mapa de visualização e pontos a serem analisados criticamente.

O método está de acordo com resultados publicados anteriormente que utilizaram um método indireto de medição de desgaste (F Esquivel-Upshaw et

al., 2020). Este novo método confirma que os blocos de resina composta não causam desgaste acelerado do esmalte oposto, mas sim da restauração.

A longevidade da restauração é importante para a função do sistema dentário, o que pode ser controlado com métodos como mostrado na série de casos. Os materiais restauradores adesivos atuais permitem que a odontologia seja mais conservadora, fortalecendo a estrutura dentária remanescente com apenas pequenas quantidades de redução dentária, levando ao aumento da longevidade dos dentes restaurados (Skorulska et al., 2021). Assim, várias técnicas de preparo dentário têm sido descritas na literatura com o objetivo de preservar tecido sem afetar a longevidade (Ahlers et al., 2009b; Politano et al., 2018; Rocca et al., 2015). Diante disso, a influência do preparo na concentração de tensões em dentes e restaurações tipo onlay foi avaliada por meio de FEA, simulando situações parecidas apresentadas na série de casos.

Baseado nos resultados da análise de elementos finitos deste estudo, o desenho de preparo não retentivo apresentou um comportamento mais favorável e aumentou a concentração de tensões na estrutura dentária no desenho retentivo convencional. Um estudo demonstrou como preparos minimamente invasivos e não retentivos mostram um comportamento adequado (Dal Piva et al., 2021). Os princípios tradicionais do preparo cavitário não convêm para a estrutura dentária quando o objetivo é preservá-lo.

As tecnologias e materiais CAD-CAM foram aprimorados e estão sempre se atualizando; capazes de captar o desenho da margem de um preparo tradicional e não apresentará diferença significativa durante o processo de confecção (Goujat et al., 2019). Porém, alguns estudos mostram como fator crítico a desadaptação de restaurações pelo tipo de preparo comparando as restaurações de dissilicato de lítio prensado e usinado (Mounajjed et al., 2016). Assim, os blocos de resina se transformam em uma opção viável porque são menos propensos a fraturar durante a usinagem obtendo assim melhor

integridade marginal(Mounajjed et al., 2016). Os resultados do estudo in silico mostram que nas situações clínicas simuladas independentemente do material restaurador a concentração de tensões foi para a própria restauração e não para o dente pelo que é recomendado um material com mais resiliência como a resina composta e um preparo não retentivo com a finalidade de melhorar a adaptação da restauração.

Na situação clínica, em cúspides fragilizadas provavelmente seja indicada a redução pela presença de pouco remanescente dentário, mas isso muitas vezes é um dilema para o cirurgião dentista que deseja conservá-la. No presente estudo, foi comparada a redução das cúspides funcional ou não funcional tendo como resultado que a preparação da cúspide não funcional leva ao estresse, o qual aumentou sobre a cúspide funcional independentemente do tipo de preparo. A recomendação para conservação da cúspide se relaciona com a escolha do material restaurador, sendo a resina composta uma opção viável à cerâmica.

Apesar de algumas limitações, os achados a respeito da influência das características dos materiais e tipo de preparo sobre o sucesso restaurador representam dados importantes que ajudarão aos cirurgiões dentistas no processo das restaurações indiretas e para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS*

- Abduo J, Sambrook RJ. Longevity of ceramic onlays: a systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(3):193–215. doi: 10.1111/jerd.12384. PMID: 29676497.
- Ahlers MO, Mörig G, Blunck U, Hajtó J, Pröbster L, Frankenberger R. Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns. *Int J Comput Dent*. 2009a;12(4):309–25. PMID: 20108869.
- Ahlers MO, Mörig G, Blunck U, Hajtó J, Pröbster L, Frankenberger R. Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns. *Int J Comput Dent*. 2009b;12(4):309–25. PMID: 20108869.
- Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016;60(2):72–84. doi: 10.1016/J.JPOR.2016.01.003.
- Alkadi L, Ruse ND. Fracture toughness of two lithium disilicate dental glass ceramics. *J Prosthet Dent*. 2016;116(4):591–6. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.009. PMID: 27112410.
- de Andrade GS, Augusto MG, Simões BV, Pagani C, Saavedra G de SFA, Bresciani E. Impact of simulated toothbrushing on surface properties of chairside CAD-CAM materials: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2021;125(3):469.e1-469.e6. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.028. PMID: 33279154.
- Archibald JJ, Santos GC, Moraes Coelho Santos MJ. Retrospective clinical evaluation of ceramic onlays placed by dental students. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):743-748.e1. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.004. PMID: 28927922.
- Banerjee A, Frecken JE, Schwendicke F, Innes NPT. Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. *Br Dent J*. 2017;223(3):215–22. doi: 10.1038/sj.bdj.2017.672. PMID: 28798430.
- Batson ER, Cooper LF, Duqum I, Mendonça G. Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent*.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [cited 2020 Jan 20]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Available from: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

2014;112(4):770–7. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.05.002. PMID: 24980739.

Bazos P, Magne P. Bio-Emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histoanatomic approach; visual synthesis. *Int J Esthet Dent*. 2014;9(3):330–52. PMID: 25126615.

Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater*. 2014;30(5):564–9. doi: 10.1016/j.dental.2014.02.019. PMID: 24656471.

Chabouis F, Chabouis HF, Prot C, Fonteneau C, Nasr K, Chabreron O, et al. Efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays : study protocol for the CECOIA randomized controlled trial efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays : study protocol for the CECOIA randomized controlled trial. *Trials*. 2013;14(1):278–86.

Christensen GJ. Indirect restoration use: a changing paradigm. *J Am Dent Assoc*. 2012;143(4):398–400. PMID: 22467702.

Christensen GJ. Tooth-colored inlays and onlays. *J Am Dent Assoc*. 1988;117(4):12E-17E. doi: 10.14219/jada.archive.1988.0036. PMID: 3053856.

Costa A, Xavier T, Noritomi P, Saavedra G, Borges A. The influence of elastic modulus of inlay materials on stress distribution and fracture of premolars. *Oper Dent*. 2014;39(4):E160–70. doi: 10.2341/13-092-L.

Dal Piva AM de O, Tribst JPM, Benalcázar Jalkh EB, Anami LC, Bonfante EA, Bottino MA. Minimal tooth preparation for posterior monolithic ceramic crowns: effect on the mechanical behavior, reliability and translucency. *Dent Mater*. 2021;37(3):e140–50. doi: 10.1016/j.dental.2020.11.001. PMID: 33246664.

Elsaka SE. Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dent Mater J*. 2015;34(2):161–7. doi: 10.4012/dmj.2014-159. PMID: 25736259.

F Esquivel-Upshaw J, Hsu S-M, Bohórquez AC, Abdulhameed N, Scheiffele GW, Kim M, et al. Novel methodology for measuring intraoral wear in enamel and dental restorative materials. *Clin Exp Dent Res*. 2020;6(6):677–85. doi: 10.1002/cre2.322. PMID: 32955159.

Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. A Clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns. *J Am Dent Assoc.* 2010;141:10S-14S. doi: 10.14219/jada.archive.2010.0355. PMID: 20516109.

Gonzaga CC, Okada CY, Cesar PF, Miranda WG, Yoshimura HN. Effect of processing induced particle alignment on the fracture toughness and fracture behavior of multiphase dental ceramics. *Dent Mater.* 2009;25(11):1293–301. doi: 10.1016/J.DENTAL.2009.03.013.

Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: a systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* 2019;121(4):590-7.e3. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.06.006. PMID: 30509548.

Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent.* 2018;119(3):384–9. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.03.001. PMID: 28552287.

Grzebieluch W, Mikulewicz M, Kaczmarek U. Resin composite materials for chairside CAD/CAM restorations: a comparison of selected mechanical properties. *J Healthc Eng.* 2021;2021:8828954. doi: 10.1155/2021/8828954. PMID: 34007429.

Guess PC, Selz CF, Steinhart Y-N, Stampf S, Strub JR. Prospective clinical split-mouth study of pressed and CAD/CAM all-ceramic partial-coverage restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont.* 2013;26(1):21–5. doi: 10.11607/ijp.3043. PMID: 23342329.

He L-H, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent Mater.* 2011;27(6):527–34. doi: 10.1016/j.dental.2011.02.002. PMID: 21371744.

Höland W, Apel E, van ‘t Hoen C, Rheinberger V. Studies of crystal phase formations in high-strength lithium disilicate glass–ceramics. *J Non Cryst Solids.* 2006;352(38–39):4041–50. doi: 10.1016/J.JNONCRY SOL.2006.06.039.

Imamura Y, Sato Y, Kitagawa N, Uchida K, Osawa T, Omori M, et al. Influence of occlusal loading force on occlusal contacts in natural dentition. *J Prosthodont Res.* 2015;59(2):113–20. doi: 10.1016/J.JPOR.2014.07.001.

Kang S-H, Chang J, Son H-H. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. *Restor Dent Endod*. 2013;38(3):134–40. doi: 10.5395/rde.2013.38.3.134. PMID: 24010079.

Kelly J, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*. 2011;56:84–96. doi: 10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x.

Krämer N, Kunzelmann K-H, Taschner M, Mehl A, Garcia-Godoy F, Frankenberger R. Antagonist enamel wears more than ceramic inlays. *J Dent Res*. 2006;85(12):1097–100. doi: 10.1177/154405910608501206.

Lee A, Swain M, He L, Lyons K. Wear behavior of human enamel against lithium disilicate glass ceramic and type III gold. *J Prosthet Dent*. 2014;112(6):1399–405. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.08.002. PMID: 25311791.

Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res*. 2014;58(4):208–16. doi: 10.1016/J.JPOR.2014.07.003.

Lien W, Roberts HW, Platt JA, Vandewalle KS, Hill TJ, Chu TMG. Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass-ceramic. *Dent Mater*. 2015;31(8):928–40. doi: 10.1016/j.dental.2015.05.003. PMID: 26076831.

Magne P, Stanley K, Schlichting LH. Modeling of ultrathin occlusal veneers. *Dent Mater*. 2012;28(7):777–82. doi: 10.1016/j.dental.2012.04.002. PMID: 22575740.

McLaren EA, Figueira J. Updating Classifications of ceramic dental materials: a guide to material selection. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(6):400–5; quiz 406, 416. PMID: 26053778.

Mei ML, Chen YM, Li H, Chu CH. Influence of the indirect restoration design on the fracture resistance: a finite element study. *Biomed Eng Online*. 2016;15(1):3. doi: 10.1186/s12938-015-0115-4. PMID: 26758615.

Mounajjed R, M Layton D, Azar B. The marginal fit of E.max press and E.max CAD lithium disilicate restorations: a critical review. *Dent Mater J*. 2016;35(6):835–44. doi: 10.4012/dmj.2016-008. PMID: 27546857.

Ona M, Watanabe C, Igarashi Y, Wakabayashi N. Influence of preparation design on failure risks of ceramic inlays: a finite element analysis. *J Adhes Dent.* 2011;13(4):367–73. doi: 10.3290/j.jad.a19473. PMID: 20978646.

Pereira JR, McDonald A, Petrie A, Knowles JC. Effect of cavity design on tooth surface strain. *J Prosthet Dent.* 2013;110(5):369–75. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.08.004. PMID: 24084146.

Pieger S, Salman A, Bidra AS. Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2014;112(1):22–30. doi: 10.1016/J.PROSDENT.2014.01.005.

Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive bonded ceramic partial crowns: concept and simplified protocol for long-lasting dental restorations. *J Adhes Dent.* 2018;20(6):495–510. doi: 10.3290/j.jad.a41630. PMID: 30564796.

Quiudini PR, Pozza DH, Pinto A dos S, de Arruda MF, Guimarães AS. Differences in bite force between dolichofacial and brachyfacial individuals: side of mastication, gender, weight and height. *J Prosthodont Res.* 2017;61(3):283–9. doi: 10.1016/J.JPOR.2016.10.003.

Rauch A, Reich S, Dalchau L, Schierz O. Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns: 10-year results. *Clin Oral Investig.* 2018;22(4):1763–9. doi: 10.1007/s00784-017-2271-3. PMID: 29103104.

Robert Kelly J. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am.* 2004;48(2):513–30. doi: 10.1016/J.CDEN.2004.01.003.

Rocca GT, Rizcalla N, Krejci I, Dietschi D. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part II. Guidelines for cavity preparation and restoration fabrication. *Int J Esthet Dent.* 2015;10(3):392–413. PMID: 26171443.

Seydler B, Schmitter M. Clinical performance of two different CAD/CAM-fabricated ceramic crowns: 2-Year results. *J Prosthet Dent.* 2015;114(2):212–6. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.02.016. PMID: 25935085.

Siarampi E, Kontonasaki E, Papadopoulou L, Kantiranis N, Zorba T, Paraskevopoulos KM, et al. Flexural strength and the probability of failure of cold isostatic pressed zirconia core ceramics. *J Prosthet Dent.* 2012;108(2):84–

95. doi: 10.1016/S0022-3913(12)60112-7.

Silva LH da, Lima E de, Miranda RB de P, Favero SS, Lohbauer U, Cesar PF. Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1):e58. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0058. PMID: 28902238.

Skorulska A, Piszko P, Rybak Z, Szymonowicz M, Dobrzyński M. Review on polymer, ceramic and composite materials for CAD/CAM indirect restorations in dentistry-application, mechanical characteristics and comparison. *Mater (Basel, Switzerland).* 2021;14(7). doi: 10.3390/ma14071592. PMID: 33805176.

Swain MV, Coldea A, Bilkhair A, Guess PC. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent Mater.* 2016;32(1):34–42. doi: 10.1016/j.dental.2015.09.009. PMID: 26454798.

Tang X, Tang C, Su H, Luo H, Nakamura T, Yatani H. The effects of repeated heat-pressing on the mechanical properties and microstructure of IPS e.max Press. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;40:390–6. doi: 10.1016/J.JMBBM.2014.09.016.

Tysowsky GW. The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. *Dent Today.* 2009;28(3):112–3. PMID: 19323326.

Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the morphology driven preparation technique. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(2):204–30. PMID: 28653051.

Zogheib LV, Bona A Della, Kimpara ET, McCabe JF. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Braz Dent J.* 2011;22(1):45–50. PMID: 21519648.

ANEXO A – Certificado do Comitê de Ética em Pesquisa

UNESP - INSTITUTO DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA -
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES ONLAY CAD/CAM CHAIRSIDE:
ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO EM UM PERÍODO DE 24 MESES.

Pesquisador: Pablo Lenin Benitez Sellan

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 90375618.6.0000.0077

Instituição Proponente: Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos - UNESP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.819.786

Apresentação do Projeto:

O projeto apresenta-se bem escrito, trata-se de um estudo clínico que está bem delineado

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do trabalho é avaliar o comportamento clínico de duas restaurações indiretas de recobrimento parcial, IPS emax CAD e Vita Enamic pelo período de 24 meses.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os riscos do tratamento são: possível sensibilidade após o preparo da cavidade, condição que podem ocorrer em qualquer procedimento restaurador.

Benefícios: Os benefícios desse tratamento são: o restabelecimento da saúde e estrutura do dente, com devolução da estética perdida e possível aumento da sobrevida das restaurações e dentes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

a) Pesquisa é pertinente visto que há grande necessidade deste tipo de restauração e a escolha de um material mais duradouro trará benefícios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram apresentados e estão corretos

Recomendações:

Não há

Endereço: Av. Engº Francisco José Longo 777

Bairro: Jardim São Dimas

CEP: 12.245-000

UF: SP

Município: SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Telefone: (12)3947-9078

Fax: (12)3947-9010

E-mail: ceph@fosjc.unesp.br

ANEXO B – Distribuição dos resultados das restaurações avaliadas em 6 meses de acompanhamento.

CRITERIOS	Escores	BASELINE		6 MESES	
		GandioBlocs	Emax	GandioBlocs	Emax
Retenção	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Charlie	0	0	0	0
Descoloração Marginal	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Bravo	0	0	0	0
	Charlie	0	0	0	0
Adaptação Marginal	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Bravo	0	0	0	0
	Charlie	0	0	0	0
Cárie Recorrente	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Charlie	0	0	0	0
Forma Anatômica	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Bravo	0	0	0	0
	Charlie	0	0	0	0
Textura	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Bravo	0	0	0	0
	Charlie	0	0	0	0
Sensibilidade pós-operatória	Alfa	22 (100%)	22 (100%)	6 (100%)	5 (100%)
	Bravo	0	0	0	0
	Charlie	0	0	0	0
Ponto de contato	Alfa	22 (100%)	21 (95,5%)	5 (83,3%)	3 (60%)
	Bravo	0	1 (4,5%)	1 (16,7%)	1 (20%)
	Charlie	0	0	0	1 (20%)