

Bruna Alcía Oliveira Santos

O AJUSTE MARGINAL DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS: FLUXO DIGITAL *VERSUS*
CONVENCIONAL – REVISÃO NARRATIVA

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Bruna Alícia Oliveira Santos

O AJUSTE MARGINAL DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS: FLUXO DIGITAL *VERSUS*
CONVENCIONAL – REVISÃO NARRATIVA

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde
Porto, 2022

Bruna Alícia Oliveira Santos

O AJUSTE MARGINAL DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS: FLUXO DIGITAL *VERSUS*
CONVENCIONAL – REVISÃO NARRATIVA

*Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária.*

Atesto a originalidade do trabalho,

(Bruna Alícia Oliveira Santos)

Porto, 2022

RESUMO

Na Medicina Dentária atual, as restaurações indiretas são amplamente utilizadas para a recuperação da forma, estética e função da dentição em detrimento das restaurações diretas devido às várias vantagens que apresentam. As exigências estéticas, quer por parte dos pacientes quer por parte dos médicos dentistas, têm aumentado e com elas o desenvolvimento de materiais dentários que atendam à estética e à resistência mecânica necessárias para o sucesso de uma restauração.

A longevidade das restaurações depende, em grande parte, do seu ajuste marginal. Na literatura, vários são os estudos debruçados sobre dos valores de *gap* marginal existentes nas restaurações. Para além disso, também é analisado a variabilidade desses valores quando é utilizado um fluxo de trabalho digital e convencional. O objetivo desta narrativa passa por avaliar a influência da técnica utilizada sobre o ajuste marginal e a variação desses valores, considerando os fatores que afetam o resultado final da restauração.

Palavras-chave: Restaurações Indiretas; CAD-CAM; Reabilitação Oral; Prótese Fixa; Adaptação Marginal; *Gap* Marginal; Materiais Dentários.

ABSTRACT

In today's dental medicine, indirect restorations are widely used to recover form, aesthetics and function, opposed to direct restorations due to their advantages. Aesthetic standards have been continuously enhanced by doctors to meet the patient's demands. At the same time, new dental materials are being developed to attend those specifications, to meet both the aesthetic and mechanical demands, needed for a successful restoration.

The longevity of restorations depends greatly on its marginal fit. In the literature, many studies report the ranges of marginal gaps, as well as the comparison of their variability when using digital and conventional workflows. The goal of this narrative is to evaluate the influence of the technique used on the marginal fit and its values, considering the factors that affect the final result of the restoration.

Keywords: Indirect Restorations; CAD-CAM; Oral Rehabilitation; Fixed Prosthodontics; Marginal Fit; Marginal Gap; Dental Materials.

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais,

Abílio e Luísa, dedico não só esta monografia como todo o meu trabalho realizado até aqui. É na sua força de vontade, capacidade de lutar e perseverança onde me inspiro para conseguir alcançar aquilo que ambiciono. São as pessoas mais resilientes que conheço e que sempre me incentivaram a dar o melhor de mim em tudo aquilo a que me proponho.

Querem o melhor de mim e a mim dão o melhor que conseguem. Sou eternamente grata.

“Tudo vale a pena quando a alma não é pequena.”

(Fernando Pessoa)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, agradeço todo a dedicação e confiança depositada em mim. Por toda a exigência que me fez sempre esforçar para alcançar mais e melhor. Por todos os ensinamentos, conselhos e críticas. Nunca serão suficientes as palavras para transmitir tudo aquilo a que sou grata.

Às minhas irmãs, Rita e Tânia, que por serem mais velhas sempre tiveram o instinto protetor para com a mais nova e que, independentemente de tudo, nunca me deixam cair e que posso sempre chatear e ser chateada, porque cá estamos sempre umas para as outras. Agradeço por acreditarem sempre em mim.

À minha pequenina sobrinha, Matilde, que me anima e me acarinha todos os dias e para quem eu sou sempre a melhor, seja de que forma for. Ao meu cunhado, Márcio, de poucas palavras, mas que tem as palavras certas no momento certo.

À minha binómia, Marta, companheira desta aventura, que sempre esteve disponível para mim, com quem ri e chorei, desabafei e abracei. Juntas crescemos, aprendemos e enfrentamos todos os desafios que esta jornada nos trouxe.

À Mónica, companheira de casa e amiga, com quem conversei horas e horas, com quem ri até chorar, com quem pude contar todos os dias. Agradeço toda a ajuda quando cheguei meia desamparada a esta universidade, agradeço todos os conselhos, agradeço toda a dedicação a esta amizade.

A todos os meus amigos que nesta casa fiz, mas, em especial, à Andreia, Filipa, Soraia, Beatriz, Daniela, Natacha e Sara, que tornaram tudo mais fácil.

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Falcão, pela partilha de conhecimento, orientação e rigor científico, assim como, por toda a simpatia que o caracteriza.

Ao Doutor Paulo Martins Dias, pela oportunidade de assistir às suas consultas no verão, pela forma como fui acolhida por todo o corpo clínico e por me fazer sentir em casa. Obrigada por todo a disponibilidade e conhecimento que me transmitiu a cada consulta.

À Universidade Fernando Pessoa e ao corpo docente do MIMD, obrigada por nestes 5 anos me acolherem, me fazerem crescer e me enriquecerem. Levo uma boa bagagem para a vida.

ÍNDICE

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
DEDICATÓRIA	VII
AGRADECIMENTOS	VIII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
I. INTRODUÇÃO	1
1. Materiais e métodos	2
II. DESENVOLVIMENTO	3
1. Reabilitação oral com restaurações indiretas.....	3
A. Restaurações parciais aderidas	3
B. Coroas de recobrimento total	4
2. Tecnologia CAD-CAM no fabrico de restaurações	4
A. <i>Scanner</i> intraoral – Digitalização direta e indireta	5
B. <i>Software</i> de Design (CAD) e Fabrico Assistido por Computador (CAM)	5
C. Vantagens e desvantagens da Tecnologia CAD-CAM	6
3. Materiais reabilitadores na confeção de restaurações indiretas ...	7
A. Sistemas cerâmicos	7
- Cerâmicas vítreas reforçadas	8
- Cerâmicas policristalinas	8
B. Resinas compostas reforçadas	9
4. Ajuste marginal – considerações gerais	10
A. Fatores que influenciam a adaptação marginal	11
B. Métodos de avaliação da adaptação marginal	12
III. DISCUSSÃO	13
IV. CONCLUSÃO	15
V. BIBLIOGRAFIA	16

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CAD – *Computer Aided Design*

CAM – *Computer Aided Manufacturing*

MPa – Mega Pascal (unidade de medida)

µm – Micrómetro (unidade de medida)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – (A) Discrepância marginal absoluta. (B) <i>Gap</i> marginal. (C) Localização dos pontos de medição do comprimento do <i>gap</i> interno (Park <i>et al.</i> , 2019)	10
--	----

I. INTRODUÇÃO

Embora a lesão de cárie seja a razão predominante para a perda de estrutura dentária, várias outras lesões não cariosas, como erosão, abfração, atrição e fratura também podem levar à rutura dos tecidos dentários duros, necessitando da sua restauração. Existem dois tipos de restaurações que geralmente podem ser usadas para restaurar um dente: direta e indireta (Vagropoulou *et al.*, 2018).

Atualmente, as restaurações adesivas diretas são, em muitos casos, uma alternativa viável, no entanto, não são isentas de falhas. Quando não há união adesiva entre a restauração e os tecidos dentários duros, poderá ocorrer a formação de *gaps* marginais, conduzindo a microinfiltrações que podem provocar cáries secundárias e sensibilidade pós-operatória. Usando técnicas indiretas, muitas destas falhas podem ser evitadas (Astekar *et al.*, 2020).

Os avanços na saúde oral durante as últimas décadas foram promovendo preparações dentárias menos agressivas mudando as indicações convencionais e fluxos de trabalho destas restaurações e adaptando isso aos materiais não metálicos (Husain *et al.*, 2020).

O sucesso clínico destas restaurações está intimamente relacionado com as suas propriedades mecânicas, adequada cimentação e adesão, adaptação precisa e estética razoável (Schaefer *et al.*, 2012).

O estado da arte atual dos tratamentos dentários, acompanhado por mudanças de vida em termos de eficácia de tempo e demandas de atendimento ao paciente, promoveram a introdução de fluxos de trabalho clínicos digitais mais rápidos e económicos usando tecnologia CAD/CAM, facilitando tratamentos restauradores de alta qualidade (Husain *et al.*, 2020). Este tipo de fluxo de trabalho pretende, também, eliminar as alterações dimensionais dos materiais de impressão, a expansão do modelo de gesso e os erros humanos associados ao fabrico do modelo de trabalho (Shembesh *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços nos sistemas CAD-CAM, o ajuste marginal permanece um alvo de investigação, porque é considerado um fator crucial no sucesso clínico das restaurações (Lima *et al.*, 2017).

Identificar o método de impressão com os valores mais adequados de ajuste marginal continua a ser essencial ou, pelo menos, detetar se os resultados dos novos métodos digitais são equivalentes aos das técnicas de impressão convencionais estabelecidas (Tsirogiannis, Reissmann and Heydecke, 2016).

O ajuste marginal de restaurações indiretas: fluxo digital versus convencional – revisão narrativa

Apesar dos resultados da maioria dos estudos recentes se mostrarem inconsistentes, pretende-se com esta revisão narrativa apresentar a influência do tipo de fluxo de trabalho (digital ou convencional) no ajuste marginal de restaurações indiretas. Desta forma, serão abordadas as restaurações indiretas utilizadas atualmente, associadas aos materiais restauradores mais indicados assim como o seu ajuste marginal, dependendo de vários fatores, consoante o seu método de fabrico.

1. Materiais e métodos

Para a execução desta revisão narrativa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados *PubMed/Medline*, *B-on* e *Science Direct* utilizando como palavras-chave, isoladas ou em múltiplas combinações (articuladas com o operador booleano “AND”): “*Indirect Restorations*”, “*CAD-CAM*”, “*Oral Rehabilitation*”, “*Fixed Prosthodontics*”, “*Marginal Fit*”, “*Marginal Gap*” e “*Dental Materials*”.

Foram incluídas todas as publicações – artigos de revisão narrativa, revisão sistemática e meta-análises – dos últimos 20 anos (2002-2022), em língua inglesa, que se mostraram pertinentes. Foram excluídos os artigos que não atendiam ao objetivo do trabalho sendo utilizados, ao todo, 41 artigos para o desenvolvimento do mesmo.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Reabilitação oral com restaurações indiretas

A estética é uma das principais prioridades dos pacientes quando procuram por tratamento dentário. Cáries, trauma, variações anatómicas dentárias são algumas das causas que requerem reabilitação estética dos setores anteriores (Astekar *et al.*, 2020).

Como as condições de saúde oral e as necessidades de cada paciente variam amplamente, a seleção do procedimento e material restaurador adequado parece ser imperativa em casos de perda de substância dentária (Vagropoulou *et al.*, 2018). De forma a alcançar a recuperação de dentes cariados e danificados de tal maneira que, a sua forma, função e estética sejam restabelecidos e o tecido dentário exposto seja protegido contra infiltração de fluídos nocivos, o médico dentista geralmente pode escolher entre uma técnica restauradora direta e indireta (Astekar *et al.*, 2020).

Os fluxos de trabalho atuais permitem projetar e fabricar restaurações monolíticas parciais ou totais em consultório, como *inlays*, facetas, coroas unitárias ou próteses dentárias fixas, com aparência esteticamente favorável, adaptação marginal precisa numa forma de produção eficiente em tempo e custo (Husain *et al.*, 2020).

A. Restaurações parciais aderidas

As técnicas adesivas em combinação com os materiais restauradores da cor do dente é uma das maiores conquistas da dentística restauradora (Edelhoff *et al.*, 2018). As facetas adesivas feitas de vários materiais cerâmicos contribuíram significativamente para isto, sendo elas restaurações cerâmicas que restauram a superfície vestibular e parte das superfícies proximais de dentes anteriores que necessitam de tratamento estético. Nos dias de hoje, estas facetas são usadas para restaurar a biomecânica da dentição, estabilizar a função adequada, dissimular dentes endodonciados altamente descolorados e para muitos mais propósitos (Edelhoff *et al.*, 2018; El-Mowafy, El-Aawar and El-Mowafy, 2018).

O uso de técnicas adesivas permite, também, a preservação da estrutura dentária e restaurações mais estéticas em dentes posteriores. Esses tipos de restauração podem ser classificados como *inlays* (nenhuma cúspide é recoberta), *onlays* (pelo menos uma cúspide não é recoberta) e

overlays (todas as cúspides são recobertas). Estas restaurações parciais promovem, ainda, o reforço de um dente comprometido por cárie ou fratura (Morimoto *et al.*, 2009, 2016).

B. Coroas de recobrimento total

As restaurações de recobrimento total são amplamente utilizadas na prática clínica diária, principalmente quando a perda de estrutura dentária é superior a 50% (Vagropoulou *et al.*, 2018).

Infelizmente, as coroas ainda são consideradas opções de restauração invasivas, pois exigem quatro vezes mais remoção de substância em comparação com métodos aditivos usando resinas compostas ou reconstruções de facetas cerâmicas. Da mesma forma, as coroas apresentam possível perda de vitalidade entre 2 e 8% após 5 ou 10 anos de função clínica, diminuição da taxa de fluido crevicular gengival e aumento da inflamação dos tecidos gengivais. Além disso, os dentes anteriores restaurados com coroas unitárias apresentam maior taxa de retratamento do que os dentes posteriores (Ernst, Müller and Özcan, 2017).

2. Tecnologia CAD-CAM no fabrico de restaurações

A tecnologia CAD/CAM foi introduzida na prostodontia nos anos 70 (Takeuchi *et al.*, 2018), tendo sido desenvolvida para resolver três desafios: assegurar resistência suficiente da restauração (especialmente no setor posterior); criar restaurações com aparência natural; e tornar a restauração dentária mais fácil, rápida e mais precisa (Davidowitz and Kotick, 2011).

O processo de fabrico tem sido reportado como preciso e clinicamente aceitável e envolve três etapas: aquisição de dados e digitalização com *scanners*, desenho de restaurações usando um *software* apropriado (CAD) e o fabrico da restauração (processo CAM) por fresagem ou impressão 3D (Arezoobakhsh *et al.*, 2020).

Os sistemas CAD/CAM diferem entre si nos métodos de digitalização, configurações dos parâmetros de software, número de eixos de fresagem e configurações de fresagem (Atlas *et al.*, 2019), podendo ainda ser de dois tipos: direto (*chairside*) e indireto (laboratório). O método direto envolve o uso de *scanner* intraoral para a tomada de impressão da preparação e a restauração é, posteriormente, desenhada e fresada no consultório dentário. O método indireto envolve obter uma impressão convencional com um material elastomérico que é, futuramente, digitalizada no laboratório através de um *scanner* extraoral (Sharma *et al.*, 2020).

A. Scanner intraoral – Digitalização direta e indireta

O *scanner* é uma unidade de aquisição de informação que mede de forma tridimensional as arcadas e as estruturas dentárias e transforma-as num conjunto de dados digitais – digitalização (Beuer, Schweiger and Edelhoff, 2008). Esta digitalização pode ser direta, utilizando *scanners* intraorais que adquirem os dados das arcadas dentárias – a cabeça do *scanner* é colocada intraoralmente sobre a preparação dentária e a informação resultante aparece no monitor em imagens 2D ou 3D; ou indireta em que com a utilização de *scanners* extraorais os modelos são digitalizados e os respetivos dados da digitalização são armazenados digitalmente (Davidowitz and Kotick, 2011; Takeuchi *et al.*, 2018).

As margens subgingivais dos dentes preparados e a presença de sangue e saliva podem complicar o processo de digitalização, porque os *scanners* intraorais só podem capturar áreas visíveis. Os *scanners* usados em laboratório são utilizados para digitalizar impressões ou modelos. No entanto, estas impressões podem causar deformação das linhas de acabamento onde o material de impressão é fino (Arezoobakhsh *et al.*, 2020).

Os processos de impressão digital podem ser uma abordagem para melhorar a precisão das restaurações dentárias, pois, pela sua natureza, estes processos eliminam a propensão a erros da impressão convencional e da moldagem a gesso e garantem um alto grau de padronização (Seelbach, Brueckel and Wöstmann, 2012).

B. Software de Design (CAD) e Fabrico Assistido por Computador (CAM)

Após a digitalização da cavidade oral usando um *scanner* intraoral, é possível obter um modelo virtual tridimensional através dos ficheiros STL (*Stereo lithography or Standard Triangle Language*) gerados por essa mesma digitalização, que será o campo para a posterior restauração protética. As restaurações definitivas são desenhadas e fabricadas tendo como base os modelos virtuais (Berrendero *et al.*, 2019; Skorulska *et al.*, 2021).

O *software* CAD corresponde a um programa apropriado que ajuda a projetar uma restauração de maneira mais otimizada, permitindo que o operador faça alterações simultaneamente, se necessário (Skorulska *et al.*, 2021).

A última vertente do fluxo de trabalho digital com tecnologia CAD-CAM corresponde ao fabrico da restauração. Os dados produzidos pelo *software* CAD são convertidos em tiras de fresagem para o processamento-CAM e, finalmente, carregados no dispositivo de fresagem

onde é iniciado o fabrico e polimento da restauração. Os dispositivos de fresagem são distinguidos de acordo com o número de eixos de fresagem – 3 eixos, 4 eixos ou 5 eixos. Quanto maior for o número de eixos de fresagem, mais complexa e detalhada a restauração poderá ser (Beuer, Schweiger and Edelhoff, 2008).

C. Vantagens e desvantagens da Tecnologia CAD-CAM

Os muitos benefícios associados às restaurações geradas por CAD/CAM incluem: o acesso a materiais novos, quase sem defeitos, pré-fabricados e controlados; um aumento na qualidade e reprodutibilidade; uma melhoria na precisão e planeamento, assim como um aumento da eficácia (Beuer, Schweiger and Edelhoff, 2008).

Em geral, as impressões digitais são mais confortáveis para o paciente, uma vez que as técnicas envolvidas são mais rápidas e não provocam vômito. Para além disso, é um processo limpo, que reduz a distorção dos materiais de impressão e elimina erros inerentes às técnicas convencionais e fabrico do modelo. Estes modelos não ocupam espaço, o risco de fratura dos modelos convencionais é evitado e facilita a comunicação com o laboratório. A possibilidade de providenciar uma previsualização tridimensional das preparações é outra importante vantagem aliada a uma qualidade das restaurações extremamente alta, porque as medições e o fabrico são muito precisos (Davidowitz and Kotick, 2011; Berrendero *et al.*, 2018).

Esta tecnologia fornece, ainda, a oportunidade de combinar alta estética, durabilidade e funcionalidade numa só restauração. Todos os aspetos positivos da tecnologia CAD/CAM são refletidos na satisfação dos pacientes e no sucesso a longo prazo das restaurações, quer de cerâmica quer de resina composta (Skorulska *et al.*, 2021).

Esta é uma tecnologia, sem dúvida, inovadora e providencia uma variedade de oportunidades (Skorulska *et al.*, 2021). No entanto, apresenta limitações na medida em que o custo inicial do equipamento e do *software* é alto e necessita de pessoal altamente treinado para o seu uso. Assim como nas impressões convencionais, para fazer um *scan* digital é necessário obter uma imagem precisa do dente, enfatizar a linha de acabamento e duplicar de forma precisa os dentes adjacentes e antagonistas. Requer o mesmo tipo de gestão de tecidos moles, retração, controlo de humidade e hemóstase que é tão importante na impressão convencional (Davidowitz and Kotick, 2011).

Considerando casos clínicos de pacientes com distúrbios maxilo-mandibulares e de oclusão, o próprio sistema CAD/CAM pode não ser suficiente para obter a correta relação dos dentes. Além disso, o tamanho dos blocos limita o projeto e a fresagem de restaurações que excedem os seus tamanhos. Isso indica problemas clínicos, incluindo dimensão vertical de oclusão imprecisa e relação cêntrica incorreta (Skorulska *et al.*, 2021).

3. Materiais reabilitadores na confecção de restaurações indiretas

A procura pelo material restaurador ideal resultou no desenvolvimento de novos materiais e métodos restauradores que atendem às necessidades clínicas e expectativas dos pacientes. Cor, brilho, boa textura de superfície, longevidade e baixo custo são parâmetros importantes do ponto de vista do paciente (Özsoy *et al.*, 2016).

A alta demanda do paciente por resultados estéticos condiciona quais materiais são selecionados para o fabrico de restaurações. É claro que a escolha do material não pode ser pautada apenas pela estética, mas deve depender do seu comportamento clínico. Graças ao desenvolvimento de novos materiais, a redução dentária pode ser minimizada e a conservação do tecido dentário maximizada, o que contribuirá para a longevidade da restauração (Amesti-Garaizabal *et al.*, 2019).

Materiais pré-fabricados, industrialmente controlados, que apresentem menos porosidade e menos falhas podem melhorar a qualidade final da restauração. Tanto a cerâmica como a resina composta são materiais indicados para restaurações indiretas, providenciando estética e longevidade clínica (Lima *et al.*, 2017).

A. Sistemas Cerâmicos

As cerâmicas são materiais biocompatíveis e inertes e possuem um alto grau de estabilidade intraoral podendo ser usadas com segurança na cavidade oral (Warreth and Elkareimi, 2020).

O tipo tradicional de porcelana dentária é baseado em feldspato sendo uma cerâmica feldspática com excelentes propriedades estéticas. No entanto, este material não é considerado resistente o suficiente – resistência à flexão entre 60 MPa e 120 MPa – para as regiões posteriores de suporte de carga, podendo fraturar facilmente. Para combater essa fraqueza, as cerâmicas geralmente são reforçadas com partículas, suportadas por metal ou feitas puramente de material

policristalino (Li, Chow and Matinlinna, 2014; Vagropoulou *et al.*, 2018; Warreth and Elkareimi, 2020).

As cerâmicas vítreas, disponíveis em pó (estratificação) ou blocos (CAD/CAM), compreendem uma fase vítrea e cristalina, na qual uma matriz vítrea pode ser condicionada com ácido (Morimoto *et al.*, 2016). O reforço destas cerâmicas com partículas deu origem à cerâmica reforçada com leucita que apresenta uma resistência à flexão de 160 MPa, estando clinicamente indicada para restaurações unitárias apresentando, ainda, diferentes níveis de translucidez. As cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio têm uma resistência à flexão entre 350 MPa e 450 MPa, sendo mais elevada que as cerâmicas dentárias reforçadas com leucita (Li, Chow and Matinlinna, 2014).

A resistência aprimorada de cerâmicas vítreas altamente preenchidas, como tipos à base de leucita e dissilicato de lítio, são consideradas para uso em *inlays* e *onlays*, coroas anteriores e posteriores e facetas. Além disso, estas cerâmicas podem ser usadas como restaurações monolíticas ou como infraestrutura para posterior estratificação com cerâmica feldspática. As restaurações monolíticas são mais utilizadas na região posterior da cavidade oral onde a estética é menos crítica. Por outro lado, restaurações totalmente cerâmicas em bicamada proporcionam resultados estéticos excelentes e podem ser utilizadas nas áreas estéticas (Warreth and Elkareimi, 2020).

As cerâmicas policristalinas, como o zircônio ou a alumina, não possuem uma matriz vítrea que possa ser condicionada por ácido e todos os cristais são densamente acomodados em matrizes regulares e depois sinterizados. A rede cristalina densa reduz a propagação de quebras resultando em excelentes propriedades mecânicas (Li, Chow and Matinlinna, 2014).

As cerâmicas de alumina podem ser utilizadas para superestruturas livres de metal em pilares de implantes e apresenta uma resistência à flexão de cerca de 600 MPa. O zircônio é um material cerâmico polimórfico no seu estado puro e possui três formas cristalográficas: monoclinica (M) da temperatura ambiente até 1170°C; tetragonal (T) de 1170°C até 2370°C e cúbica (C) de 2370°C até ao ponto de fusão. A fase tetragonal é metastável e pode-se transformar para a fase monoclinica como resposta a um estímulo mecânico. Este mecanismo de transformação impede a propagação da quebra da cerâmica e aumenta as propriedades mecânicas. A resistência à flexão de 900-1200MPa é cerca do dobro da alumina. A cerâmica policristalina é relativamente opaca pela sua natureza e é mais comumente utilizada como restaurações monolíticas em regiões posteriores, mas também podem ser utilizadas como núcleos ou estruturas por cima das

quais é colocada uma cerâmica de revestimento em camadas para a obtenção do resultado estético desejado (Li, Chow and Matinlinna, 2014; Warreth and Elkareimi, 2020).

Embora os materiais de compósito sejam conhecidos pela sua degradação, a cerâmica também se deteriorará com o tempo devido a influências ácidas e desgaste funcional. A degradação do polimento ou suavidade da superfície não afetará apenas a aparência estética, mas também a acumulação de biofilme e o desgaste dos dentes adjacentes ou antagonistas (Gresnigt *et al.*, 2019).

B. Resinas compostas reforçadas

As resinas compostas consistem numa matriz polimérica reforçada por cargas que podem ser inorgânicas, orgânicas ou compósito. Enquanto que as cerâmicas têm, em geral, propriedades estéticas e mecânicas superiores, os materiais de resina composta podem oferecer vantagens significativas relacionadas com o seu manuseio e reparação intraoral. Para além disso, estes materiais são menos suscetíveis a fratura durante o processo de fresagem (Ruse and Sadoun, 2014).

Três tipos de materiais de resina composta estão disponíveis para o uso em técnicas indiretas: resinas microparticuladas, resinas compostas de partículas pequenas e resinas híbridas. Todos apresentam excelente resistência ao desgaste, mas as resinas compostas de partículas pequenas e as resinas híbridas podem ser condicionadas para produzir retenção micromecânica. Estes materiais podem, também, ser silanizados para aumentar a força de adesão (Astekar *et al.*, 2020).

As restaurações indiretas de compósito são fáceis de cimentar e reparar, possuem maior módulo de flexão, apresentam boa relação custo-benefício e são menos abrasivas para os dentes antagonistas (Gresnigt *et al.*, 2019). Estas resinas apresentam características mecânicas similares à estrutura dentária, resultando numa distribuição favorável das forças oclusais nos dentes posteriores com um menor potencial de desgaste dos dentes antagonistas proporcionando, naturalmente, melhor resistência às restaurações (Özsoy *et al.*, 2016).

O fabrico destas resinas é baseado em métodos químicos, térmicos ou de fotopolimerização ou procedimentos de moagem a partir de blocos pré-fabricados para aplicação da tecnologia CAD/CAM. A longevidade e o sucesso dessas restaurações indiretas de resina composta

dependem da indicação correta, experiência clínica do operador e trabalho preciso do técnico de laboratório (Morimoto *et al.*, 2016; Özsoy *et al.*, 2016).

4. Ajuste marginal – considerações gerais

Ajuste, discrepância e adaptação marginal, independentemente do tipo de restauração, são criticamente importantes para a longevidade das restaurações dentárias sendo que, um inadequado ajuste marginal pode levar a falta de resistência da restauração, perda de retenção axial e diminuição da resistência à fratura (Atlas *et al.*, 2019; Arezoobakhsh *et al.*, 2020).

A medida perpendicular desde a superfície interna da margem da coroa até ao bordo mais externo da linha de acabamento da margem do dente é denominada *gap* marginal (Figura1). A evidência até agora tem mostrado que independentemente do método de fabrico, um *gap* marginal de variadas dimensões irá existir. A maior preocupação que permanece é o limite para o tamanho desse *gap* onde a colonização bacteriana se pode desenvolver levando à desmineralização e cárie na interface dente-restauração. Estudos *in vitro* recentes mostraram que *Streptococcus mutans* possui níveis de atividade que degrada resinas compostas e adesivos, podendo provocar cárie na interface substrato-restauração (Atlas *et al.*, 2019).

Além disso, a discrepância marginal absoluta é a extensão (sobre e sob) das margens da coroa relativamente ao ângulo cavo-superficial da preparação, podendo levar a desadaptação, acumulação de placa e comprometimento periodontal (Figura 1) (Atlas *et al.*, 2019).

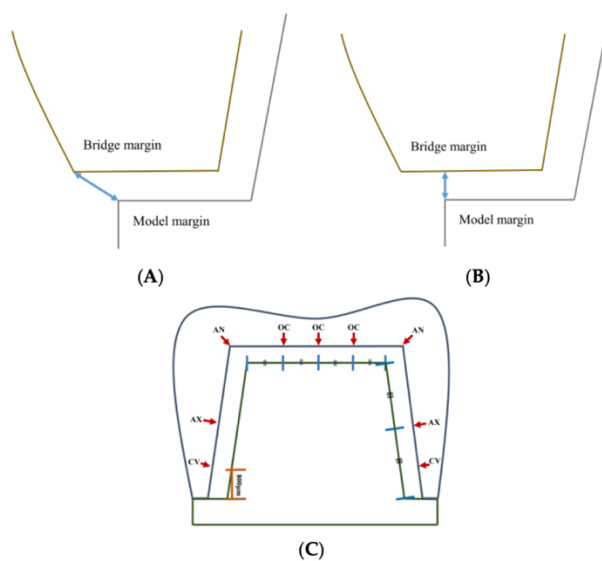


Figura 1. (A) Discrepância marginal absoluta. (B) *Gap* marginal. (C) Localização dos pontos de medição do comprimento do *gap* interno (Park *et al.*, 2019).

Vários estudos mostraram diferentes valores para um ajuste marginal clinicamente aceitável. McLean e von Fraunhofer em 1971 reportaram um limite de 120 μm , mas os valores do ajuste marginal diferem dependendo do local de medição e do tipo de restauração, com valores reportados que variam entre 50 e 200 μm (Al Hamad *et al.*, 2019).

A. Fatores que influenciam a adaptação marginal

A adaptação de uma restauração depende da qualidade de todo o processo de fabrico. O resultado final é afetado por vários fatores como o desenho do preparo dentário, localização da linha de acabamento (sub ou supragengival), técnica de impressão final, produção do modelo de trabalho, fabrico e material da restauração, o ajuste da restauração em cadeira, e o material e método utilizados na cimentação (Shembesh *et al.*, 2016; Tsirogiannis, Reissmann and Heydecke, 2016).

Para uma adaptação marginal clinicamente aceitável, uma impressão precisa é necessária, uma vez que permite alcançar modelos precisos e, subsequentemente, bons ajustes de restaurações (Sharma *et al.*, 2020). O aumento do *gap* marginal entre a coroa e o dente preparado promove a dissolução do material de cimentação, microinfiltração e retenção de placa. Isto pode resultar em cáries secundárias, inflamação pulpar e comprometimento do tecido periodontal, podendo conduzir ao fracasso das restaurações (Shembesh *et al.*, 2016).

Estudos que examinaram o ajuste marginal antes e depois da cimentação revelaram que o ajuste marginal é inferior após a cimentação, ao mesmo tempo que o tipo de cimento, especialmente aqueles que eram mais viscosos e mais espessos, tiveram um efeito negativo significativo nesse ajuste (Atlas *et al.*, 2019).

Os sistemas CAD-CAM atuais permitem uma grande variedade de materiais com excelente estética juntamente com um *software* que fornece melhores resultados clínicos. No entanto, ângulos agudos e ombros largos nas preparações devem ser evitados para permitir um acesso adequado às brocas usadas na etapa de fresagem (Lima *et al.*, 2017). Uma fresadora com 5 eixos de fresagem produz um melhor ajuste marginal e restaurações mais precisas que uma fresadora de 4 eixos (Atlas *et al.*, 2019). Além disso, as diferenças dos sistemas cerâmicos nas técnicas de fabrico podem afetar a precisão do ajuste da restauração (Nawafleh *et al.*, 2013).

B. Métodos de avaliação da adaptação marginal

Não existe uma metodologia padrão para medir a adaptação marginal e interna de restaurações indiretas, no entanto, estão disponíveis diferentes técnicas e ferramentas para avaliar a adaptação da restauração (Borba *et al.*, 2013).

Os métodos disponíveis para este efeito baseiam-se numa abordagem não invasiva como o exame tátil com uma sonda, técnica de visão direta, perfilometria, técnica de réplica (usando um material de impressão) e a “*weight technique*” (mais fácil e com menor custo que a técnica de réplica); e invasiva como a técnica de corte transversal em que a avaliação é feita tanto por microscopia ótica como por microscopia eletrônica, mas cuja técnica não permitirá, posteriormente, o uso da restauração (Schaefer *et al.*, 2012; Borba *et al.*, 2013; Colpani, Borba and Della Bona, 2013; Nawafleh *et al.*, 2013; Kuhn *et al.*, 2015).

Recentemente, uma metodologia envolvendo microtomografia computadorizada (micro-CT) foi proposta como uma técnica confiável e não destrutiva para avaliar a adaptação interna e marginal de restaurações dentárias (Borba *et al.*, 2013). Para além disso, também tem sido utilizado videografia a laser e o *scanner* CAD/CAM para este fim (Colpani, Borba and Della Bona, 2013).

Nawafleh *et al.* sugeriu combinar dois métodos de medição para verificar os resultados (Kuhn *et al.*, 2015).

III. DISCUSSÃO

As chamadas impressões convencionais são as técnicas mais comuns para a obtenção de moldes de gesso, oferecendo uma ampla gama de aplicações. As impressões digitais possuem claras vantagens comparativamente aos seus análogos convencionais (Berrendero *et al.*, 2018).

Dentro dos sistemas de impressão digital intraoral, CEREC, LAVA C.O.S., E4D e iTERO são os mais comumente utilizados na prática clínica e os mais estudados nas publicações existentes. Embora tenham grandes diferenças no seu princípio de funcionamento, com alguns deles a requererem agentes adicionais de recobrimento para a captura de dados (LAVA C.O.S., gerações passadas de CEREC), todos eles atuam dentro da faixa clínica aceitável (Tsirogiannis, Reissmann and Heydecke, 2016).

Existem situações clínicas em que uma impressão digital precisa pode não ser realizada devido à presença de dentes mal posicionados ou preparações subgingivais (Lima *et al.*, 2017). No entanto, ao contrário das impressões convencionais, é possível, nas impressões digitais, uma correção parcial das digitalizações apagando e fazendo *scanning* de certas áreas do preparo que não foram registadas corretamente na primeira tentativa (Seelbach, Brueckel and Wöstmann, 2012).

Os resultados da maioria dos estudos relativos ao ajuste marginal são inconsistentes (Tsirogiannis, Reissmann and Heydecke, 2016). As principais desvantagens de comparar os resultados de diferentes estudos incluem a ausência de uma metodologia padronizada e o facto de muitos fatores poderem influenciar os resultados do estudo (Paul *et al.*, 2020). O local de medição parece afetar o valor da discrepância marginal, podendo ser devido a erros na exposição das margens dos troquéis, dificuldade em obter uma impressão convencional ou digital (especialmente nas áreas interproximais) e a presença de erros na fresagem das restaurações indiretas em alguns locais. Desta forma, este local deve ser padronizado para melhor credibilidade do estudo (Carrilho Baltazar Vaz and Pimentel Coelho Lino Carracho, 2020; Paul *et al.*, 2020).

A pressão hidrostática do cimento pode, também, criar discrepâncias e interferir com as medições da discrepância marginal (Lima *et al.*, 2017). Em *onlays* e *overlays*, é importante conseguir uma adaptação adequada à estrutura do dente remanescente, incluindo bordas e margens cavosuperficiais externas. Os resultados negativos observados para adaptação marginal, descoloração marginal e rugosidade superficial, num estudo de 2016, podem ter sido

causados por adesão insuficiente ao esmalte ou pela degradação do agente cimentante devido à fadiga (Özsoy *et al.*, 2016). Wolfart *et al.* também relataram num estudo que, numa coroa, a discrepância marginal aumentou de 96 µm para 130 µm após a cimentação (Park *et al.*, 2019).

Em relação às impressões convencionais, os resultados, na generalidade, são os esperados. Numa configuração de laboratório, as impressões em duas etapas mostram erros mais altos do que as técnicas de impressão de uma única etapa. Isto pode ser deliberadamente explicado pela distorção da impressão primária durante a segunda etapa de impressão (Seelbach, Brueckel and Wöstmann, 2012).

Em 2011, verificou-se num estudo incidido em facetas que o efeito do material no ajuste marginal foi significativo, com menor *gap* marginal observado na cerâmica feldspática. As facetas de cerâmica feldspática construídas pela técnica tradicional de laboratório apresentam um melhor ajuste (Lin *et al.*, 2011).

Os resultados de um estudo realizado em 2019 estão de acordo com um estudo recente de Ng *et al.*, que descobriu que as coroas de dissilicato de lítio fabricadas por fluxo de trabalho digital resultaram num *gap* marginal menor (60 µm) do que as coroas fabricadas com técnica convencional (74 µm) (Sadid-Zadeh *et al.*, 2019).

Em 2016, um estudo revelou um ajuste marginal de 63 µm no grupo de impressão digital intraoral e de 76 µm para o grupo de impressão convencional. Assim, o ajuste marginal de próteses fixas de zircónio atendeu aos critérios clínicos no que diz respeito a ambos os grupos, convencional e digital (Su and Sun, 2016). Dentro dos fluxos digitais e métodos de digitalização possíveis, o *scanning* direto intraoral parece fornecer resultados clínicos mais precisos (Tsirogiannis, Reissmann and Heydecke, 2016).

Valores de *gap* marginal variando entre 43 a 292 µm têm sido reportados para vários sistemas indiretos de cerâmica e compósito para *inlays*, estando na maioria dos estudos *in vitro* num intervalo de 100 a 150 µm (Gemalmaz and Kükre, 2006).

A precisão do ajuste de restaurações indiretas foi avaliada em vários ensaios *in vitro* e *in vivo*, podendo-se verificar que os valores marginais para ambos os métodos se encontram dentro da faixa de aceitação clínica de acordo com McLean *et al.* (Ahrberg *et al.*, 2015; Rödiger, Schneider and Rinke, 2018).

IV. CONCLUSÃO

Atualmente, as restaurações indiretas são cada vez mais utilizadas na prática clínica dentária, estando disponíveis opções de materiais restauradores (não metálicos) com características estéticas mais favoráveis aliadas a uma resistência à fratura compatível com o sucesso clínico a longo prazo das restaurações.

A evolução da tecnologia CAD/CAM trouxe vantagens e uma praticidade úteis no dia-a-dia da Medicina Dentária, quer para o médico dentista quer para o paciente. Torna-se relevante aplicar esta tecnologia quando as condições assim o permitem, tendo sempre em conta que, por razões financeiras ou outras, a técnica convencional é, também ela, satisfatória e com resultados clínicos favoráveis.

O sucesso clínico das restaurações está intimamente relacionado com o seu ajuste marginal. Vários são os fatores que podem afetar, positiva ou negativamente, este ajuste. No entanto, garantindo o controlo de todas as etapas do processo de fabrico da restauração até à sua adesão e cimentação será possível obter um ajuste marginal adequado.

Este adequado ajuste marginal tem sido amplamente analisado em vários estudos presentes na literatura científica, *in vivo* e *in vitro*, e de que forma o fluxo de trabalho utilizado tem influência sobre o mesmo.

Embora subsista uma inconsistência na maioria dos estudos presentes, não existe, na generalidade, diferença significativa no ajuste marginal das restaurações quando obtidas de forma digital ou de forma convencional. Os valores de *gap* marginal obtidos para ambos os fluxos de trabalho encontram-se dentro da faixa clínica aceitável (<120 µm).

O tratamento deverá ser o mais individualizado possível, através da escolha do método de fabrico da restauração que melhor se aplica ao caso clínico, conjugando com a escolha do material restaurador ideal. Independentemente do fluxo de trabalho utilizado, este tem de ser realizado de forma precisa e eficaz para garantir um bom ajuste marginal e conseqüente sucesso clínico da restauração.

V. BIBLIOGRAFIA

- Ahrberg, D. *et al.* (2015). Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(2), pp. 291–300.
- Amesti-Garaizabal, A. *et al.* (2019). Fracture resistance of partial indirect restorations made with CAD/CAM technology. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11).
- Arezoobakhsh, A. *et al.* (2020). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 123(1), pp. 105–112.
- Astekar, D. *et al.* (2020). Indirect Restorations - A Review. *US National Library of Medicine enlisted journal*, 3, pp. 11–15.
- Atlas, A. *et al.* (2019). Factors Affecting the Marginal Fit of CAD-CAM Restorations and Concepts to Improve Outcomes. *Current Oral Health Reports*. Current Oral Health Reports, 6(4), pp. 277–283.
- Berrendero, S. *et al.* (2018). Comparative study of all-ceramic crowns obtained from conventional and digital impressions: clinical findings. *Clinical Oral Investigations*. Clinical Oral Investigations, 23(4), pp. 1745–1751.
- Beuer, F., Schweiger, J. and Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 204(9), pp. 505–511.
- Borba, M. *et al.* (2013). Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. *Brazilian Oral Research*, 27(5), pp. 396–402.
- Carrilho Baltazar Vaz, I. M. and Pimentel Coelho Lino Carracho, J. F. (2020). Marginal fit of zirconia copings fabricated after conventional impression making and digital scanning: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 124(2), pp. 223.e1-223.e6.
- Colpani, J. T., Borba, M. and Della Bona, Á. (2013). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. *Dental Materials*. The Academy of Dental Materials, 29(2), pp. 174–180.
- Davidowitz, G. and Kotick, P. G. (2011). The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), pp. 559–570.
- Edelhoff, D. *et al.* (2018). Anterior restorations: The performance of ceramic veneers. *Quintessence International*, 49(2), pp. 89–101.
- El-Mowafy, O., El-Aawar, N. and El-Mowafy, N. (2018). Porcelain veneers: An update. *Dental and Medical Problems*, 55(2), pp. 207–211.
- Ernst, O., Müller, P. and Özcan, M. (2017). Load bearing capacity of minimal invasive direct and indirect veneers bonded to maxillary incisors with severe wear: effect of preparation design and material type. *Journal of Adhesion Science and Technology*. Taylor & Francis, 32(11), pp. 1151–1164.
- Gemalmaz, D. and Kükrer, D. (2006). In vivo and in vitro evaluation of marginal fit of class II ceromer inlays.

O ajuste marginal de restaurações indiretas: fluxo digital versus convencional – revisão narrativa

Journal of Oral Rehabilitation, 33(6), pp. 436–442.

Gresnigt, M. M. M. *et al.* (2019). Randomized clinical trial on indirect resin composite and ceramic laminate veneers : Up to 10-year findings Randomized Clinical Trial on Indirect Resin Composite and Ceramic Laminate Veneers : Up to 10-year Findings University of Groningen , University Me, pp. 102–109.

Al Hamad, K. Q. *et al.* (2019). Comparison of the Accuracy of Fit of Metal, Zirconia, and Lithium Disilicate Crowns Made from Different Manufacturing Techniques. *Journal of Prosthodontics*, 28(5), pp. 497–503.

Husain, N. A. H. *et al.* (2020). Clinical performance of partial and full-coverage fixed dental restorations fabricated from hybrid polymer and ceramic cad/cam materials: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(7), pp. 1–25.

Kuhn, K. *et al.* (2015). Comparison of an analog and digital quantitative and qualitative analysis for the fit of dental copings. *Computers in Biology and Medicine*. Elsevier, 57, pp. 32–41.

Li, R. W. K., Chow, T. W. and Matinlinna, J. P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *Journal of Prosthodontic Research*. Japan Prosthodontic Society, 58(4), pp. 208–216.

Lima, F. F. *et al.* (2017). Marginal adaptation of CAD-CAM onlays: Influence of preparation design and impression technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 120(3), pp. 396–402.

Lin, T. M. *et al.* (2011). Fracture resistance and marginal discrepancy of porcelain laminate veneers influenced by preparation design and restorative material in vitro. *Journal of Dentistry*. Elsevier Ltd, 40(3), pp. 202–209.

Morimoto, S. *et al.* (2009). Fracture strength of teeth restored with ceramic inlays and overlays. *Brazilian Dental Journal*, 20(2), pp. 143–148.

Morimoto, S. *et al.* (2016). Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 95(9), pp. 985–994.

Nawafleh, N. A. *et al.* (2013). Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: A literature review. *Journal of Prosthodontics*, 22(5), pp. 419–428.

Özsoy, A. *et al.* (2016). Clinical performance of indirect composite onlays and overlays: 2-year follow up. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 30(16), pp. 1808–1818.

Park, G. S. *et al.* (2019). Effects of printing parameters on the fit of implant-supported 3D printing resin prosthetics. *Materials*, 12(16).

Paul, N. *et al.* (2020). Marginal and internal fit evaluation of conventional metal-ceramic versus zirconia CAD/CAM crowns. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(1), pp. e31–e37.

Rödiger, M., Schneider, L. and Rinke, S. (2018). Influence of material selection on the marginal accuracy of CAD/CAM-fabricated metal- And all-ceramic single crown copings. *BioMed Research International*, 2018.

Ruse, N. D. and Sadoun, M. J. (2014). Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *Journal of Dental Research*, 93(12), pp. 1232–1234.

O ajuste marginal de restaurações indiretas: fluxo digital versus convencional – revisão narrativa

- Sadid-Zadeh, R. *et al.* (2019). Effect of Fabrication Technique on the Marginal Discrepancy and Resistance of Lithium Disilicate Crowns: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), pp. 1005–1010.
- Schaefer, O. *et al.* (2012). Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate partial crowns in vitro: A three-dimensional analysis of accuracy and reproducibility. *Dental Materials*. The Academy of Dental Materials, 28(3), pp. 320–326.
- Seelbach, P., Brueckel, C. and Wöstmann, B. (2012). Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), pp. 1759–1764.
- Sharma, A. *et al.* (2020). Comparative Evaluation of the Marginal Fit of Inlays Fabricated by Conventional and Digital Impression Techniques: A Stereomicroscopic Study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 11(3), pp.237-244
- Shembesh, M. *et al.* (2016). An In Vitro Comparison of the Marginal Adaptation Accuracy of CAD/CAM Restorations Using Different Impression Systems. *Journal of Prosthodontics*, 26(7), pp. 581–586.
- Skorulska, A. (2021). Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials*, 14(7), 1592.
- Su, T. S. and Sun, J. (2016). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 116(3), pp. 362–367.
- Takeuchi, Y. *et al.* (2018). Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *Journal of Oral Science*, 60(1), pp. 1–7.
- Tsirogiannis, P., Reissmann, D. R. and Heydecke, G. (2016). Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry, 116(3), pp. 328-335.e2.
- Vagropoulou, G. I. *et al.* (2018). Complications and survival rates of inlays and onlays vs complete coverage restorations: A systematic review and analysis of studies. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), pp. 903–920.
- Warreth, A. and Elkareimi, Y. (2020). All-ceramic restorations: A review of the literature. *Saudi Dental Journal*. King Saud University, 32(8), pp. 365–372.