CAROLINA ALEJANDRA PARDO DÍAZ

Análise comparativa e caracterização das bolhas de ar em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e *bulk fill*

São Paulo

2018

CAROLINA ALEJANDRA PARDO DÍAZ

Análise comparativa e caracterização das bolhas de ar em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e *bulk fill*

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Mestre em Ciências.

Orientador: Profa. Dra. Miriam Lacalle Turbino

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Pardo Díaz, Carolina Alejandra.

Análise comparativa e caracterização das bolhas de ar em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e *bulk fill* / Carolina Alejandra Pardo Díaz; orientador Miriam Lacalle Turbino -- São Paulo, 2018.

79 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão Corrigida

1. Resinas compostas. 2. Porosidade. 3. Bolhas. 4. Técnicas restauradoras. I. Turbino, Miriam Lacalle. II. Título.

Pardo Díaz CA. Análise comparativa e caracterização das bolhas de ar em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e bulk fill. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 05/12/2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Luciana Fávaro Dos Rios Francisconi

Instituição: FOU SP Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Carlos Alberto Kenji Shimokawa

Instituição: Externa Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Alessandra Pereira de Andrade

Instituição: Externa Julgamento: Aprovada

Ao meu amado esposo e companheiro de aventuras, por sempre me apoiar na concretização dos meus sonhos.

À minha mãe Gladys e à minha irmã Patricia, pelo seu amor e carinho que ultrapassam fronteiras.

Aos meus familiares e amigos que comemoram junto a cada conquista alcançada.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À minha orientadora, **Profa. Dra. Míriam Lacalle Tubino**, pela confiança e apoio durante minha formação desde a especialização. Muito obrigada pela disposição, ajuda e preocupação. Seus ensinamentos me acompanharão para sempre.

¡Muchas gracias!

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Meus agradecimentos:

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, na pessoa do Diretor Prof. Dr. Rodney García Rocha.

À Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, em nome de o Prof. Dr. Anderson Zanardi De Freitas.

Agradeço o apoio do Laboratório Multiusuário do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN-CNEN/SP

Aos Professores do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, por terem contribuído na minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Kenji Shimokawa pelos seus ensinamentos, paciência, motivação e pela amizade.

Aos Funcionários do Departamento de Dentística da Universidade de São Paulo: Senhor Aldo, Silvana, Selma, David e Leandro, por toda a ajuda durante estes anos de Pós-graduação.

Aos meus companheiros, aos “Forasteiros”, minha verdadeira família universitária. Especialmente para Lucas e Amanda, pelo carinho, abraços apertados e sua disposição para me ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pela ajuda e atenção na elaboração da escrita deste trabalho.

*“Education is the most powerful weapon which you can use to change the world”
“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”*

Nelson Mandela

RESUMO

Pardo Díaz CA. Análise comparativa e caracterização das bolhas de ar em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e bulk fill [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

Os materiais restauradores estão evoluindo rapidamente e novas técnicas de inserção do compósito na cavidade restauradora estão sendo propostos. Dependendo da técnica, poderá ocorrer maior ou menor formação de bolhas na restauração final. A incorporação de bolhas entre as camadas do material restaurador pode gerar uma maior degradação da restauração em virtude da menor obtenção de propriedades físico-mecânicas do material. Assim, a necessidade de estudos sobre a prevalência de bolhas em restaurações confeccionadas com diferentes técnicas de inserção se faz necessária para a melhor compreensão do uso e do manuseio dos materiais. O objetivo desse trabalho foi analisar a ocorrência de bolhas e o volume de espaços presentes no interior de restaurações com resina composta, inserida na cavidade dental através das técnicas restauradoras: incremental e *bulk fill*. Quarenta e oito dentes molares humanos (n=24, duas restaurações por dente) foram selecionados e, nestes, foram confeccionados dois preparos por dente, um em cada região proximal, com profundidade de 4mm, largura de 4mm e distância axio-proximal de 2mm. Posteriormente, foram restaurados de acordo com os grupos: Filtek™ One Bulk Fill Restorative (FOB; 3M Oral Care); Filtek™ Z350 XT (FXT; 3M Oral care); Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative (FBF+FXT; 3M Oral care) e Filtek™ Z350 XT Flow (FF+FXT; 3M Oral care) . As resinas fluidas foram cobertas com a resina Filtek™ Z350 XT (3M Oral Care). Após 24 horas, os dentes restaurados foram submetidos à ciclagem térmica (5.000 ciclos) e posteriormente foi realizada a Tomografia de Coerência Ótica (OCT). Através da análise das imagens obtidas pelo OCT foram medidos os valores de quantidade de bolhas e porcentagem de espaços presentes nas restaurações. Os dados da presença de bolhas foram analisados estatisticamente com o teste Qui-Quadrado, os dados de número de bolhas e porcentagem de espaços obtidos foram analisados com o teste de Kruskal Wallis e a comparação entre os grupos foi feita pelo método de Dunn , com nível de significância de 5%. FF+FXT, apresentou bolhas em todas as restaurações e foi significativamente maior quando comparado a FXT

($p=0,015$). FF+FXT apresentou quantidade significativamente maior de bolhas ($p<0,05$) quando comparada com os outros três grupos. FBF+FXT apresentou a maior porcentagem de porosidade, devido ao maior tamanho de bolhas, porém esta porcentagem foi significativamente maior apenas quando comparada com FXT ($p<0,05$). Todos os grupos apresentaram bolhas. As técnicas restauradoras que apresentaram o pior desempenho, considerando o número de bolhas e a porcentagem de porosidade, foram aquelas realizadas com resina composta fluída. Não houve diferença estatisticamente significativa quanto ao número de bolhas e à porcentagem de espaços entre as restaurações confeccionadas somente com resinas de alta viscosidade para as diferentes técnicas utilizadas neste estudo.

Palavras-chave: Resina composta. Bolhas. Porosidade. Técnica incremental. OCT: Técnica bulk fill.

ABSTRACT

Pardo Díaz CA. Comparative analysis of voids quantity in two restorative techniques: incremental and bulk fill [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

Dental restorative materials are quickly evolving, and new techniques are being proposed to change the way of filling dental cavities. Depending on the technique, a different number of voids could be generated inside the restoration. The appearance of these voids between layers of resin composite can signify a greater degradation of the material determined by low mechanical and physical properties. Therefore, to investigate voids prevalence at different restorative techniques is needed, in order to get a better understanding of the resin composites and their best handling. The objective of this project was to analyze the voids frequency inside and between the layers of the resin composite, filling class II cavities using incremental technique and bulk fill technique. Forty eight human teeth ($n=24$, two restorations per tooth) were selected and two cavities per tooth were made, one per each proximal area, 4mm of depth, 4mm height and 2mm of axio-proximal distance. After, they were divided in four groups and restored using Filtek™ One Bulk Fill Restorative (FOB; 3M Oral Care); Filtek™ Z350 XT (FXT; 3M Oral care); Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative (FBF+FXT; 3M Oral care) e Filtek™ Z350 XT Flow (FF+F; 3M Oral care), handled according to manufacturer instructions. Flowable resin composite was covered with Filtek™ Z350 (3M Oral Care). 24 hours later, thermocycling was conducted (5,000 cycles) and later Optical Coherence Tomography was performed. By analyzing the OCT images, number of voids and percentage of void volume were calculated. Presence of voids were analyzed by Chi-squared test, number of voids and percentage of void volume were analyzed by Kruskal Wallis test, and comparisons were performed by Dunn Method, at significance level of 5%. FF+FXT had voids in all the restorations of the group, and it was significantly greater when compared with FXT ($p=0.015$). FF+FXT had statistically significant more number of voids ($p<0.05$) when compared with the others 3 groups. FBF+FXT had the highest percentage of voids volume, because the size of its voids, but this percentage was significantly different only when compared with FXT ($p<0,05$). All groups had voids. Restorative techniques that

presented worst performance, considering number of voids and percentage of voids volume, were the ones made with flowable resin composite. Non statistical differences referred to a number of voids, neither percentage of voids volume among restorations made using only high viscosity resin.

Keywords: Resin Composite. Bulk Fill Technique. Incremental Technique. Voids Porosity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - OCT. A figura corresponde a uma representação esquemática de como é obtida uma imagem por OCT. A partir da fonte luminosa, a luz emitida é dividida em dois feixes, dirigidos à amostra e ao espelho de referência. A luz refletida por ambos gera o padrão de interferência que originará a imagem transversal da amostra. Dependendo da posição do espelho de referência, é determinada a profundidade a ser avaliada, dentro das limitações de penetração do aparelho ⁴⁹	34
Figura 4.1 - Materiais resinosos utilizados nas diferentes técnicas avaliadas	39
Quadro 4.1 - Composição dos materiais restauradores. Carga por peso e volume .	40
Figura 4.2 - Confeção das matrizes de silicone (a), identificação (b) e recorte com lâmina de bisturi para liberar os dentes (c)	42
Figura 4.3 - Preparos dos Dentes. Terceiro Molar Humano (a), ponta diamantada 1092 e broca de carbide CA 57 utilizadas nos preparos (b) e preparos finalizados (c).....	43
Quadro 4.2 - Grupos, material utilizado, técnica restauradora utilizada e esquema da(s) camada(s) de material restaurador inseridas nos preparos.....	45
Figura 4.4 - Ciclodora Térmica Nova Ética 521/D	46
Figura 4.5 - OCT930 SR, Thorlabs Inc	47
Figura 4.6 - Posição do c.p. na avaliação com OCT	48
Figura 4.7 - (a) imagem considerada como bolha localizada no interior da restauração; (b) imagem considerada como bolha localizada na superfície da restauração	48
Figura 4.8 – Cálculo do volume das bolhas.....	49

Gráfico 5.1 - Quantidade de bolhas considerando o formato, esféricas e elipsoidais	52
Gráfico 5.2 - Posição e número de bolhas em cada grupo	53
Quadro 5.1 - Medidas máximas e mínimas das bolhas detectadas	53
Quadro 5.2 - Volumes máximos e mínimos das bolhas detectadas.....	54
Quadro 5.3 - Caracterização das bolhas por grupo, considerando: Número, Média de Tamanho e Percentagem de Espaços	54
Figura 5.1 - Imagens de amostras dos materiais utilizando o OCT	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1-	Porcentagem de restaurações que apresentaram bolhas, considerando cada grupo individualmente	51
Tabela 5.2-	Número de bolhas detectadas em cada grupo	52
Tabela 5.3-	Comparação Número de bolhas G1xG2xG3xG4 – Resultados Teste Kruskal-Wallis	55
Tabela 5.4-	Resultados Teste de Kruskal-Wallis	55
Tabela 5.5-	Comparação pelo Método de Dunn	55
Tabela 5.6-	Comparação quanto a porcentagem de espaços	56
Tabela 5.7-	Resultados Teste de Kruskal-Wallis	56
Tabela 5.8-	Comparação pelo Método de Dunn	56
Tabela 5.9-	Análise qualitativo de presença de bolhas.....	57
Tabela 5.10-	Teste Qui- Quadrado	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUDMA	Aromatic Uretano dimetacrilato
BHT	2,6-di-terc-butil-p-cresol
Bis-Ema	Bisfenol A polietileno glicol diéter
Bis-GMA	Bisfenol A di-metacrilato etoxilado
c.p	Corpo de Prova
DDMA	Dodecanediol Dimetacrilato
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
OCT	Tomografia por Coerência Óptica
T	Total
TEGDMA	Trietileno Glicol Dimetacrilato
UDMA	Uretano Dimetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

TM	Trade Mark
%	Por cento
OCT	Tomografia de Coerência Óptica
°C	Graus Celsius
mm	Milímetros
nm	Nanômetros
mW	Miliwatts
mW/cm ²	Miliwatts por Centímetro Quadrado
mm ³	Milímetros Cúbicos
μm	Micrômetros
μm ³	Micrômetros Cúbicos
<	Menor que

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DA LITERATURA	29
2.1	RESINAS COMPOSTAS	29
2.2	TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO COM RESINAS COMPOSTAS	30
2.2.1	Técnica Incremental	30
2.2.2	Técnica Bulk Fill ou De Porção Única	31
2.2.3	Técnica de inserção Sônica	31
2.3	BOLHAS DE AR NAS RESTAURAÇÕES.....	32
2.4	TOMOGRAFIA POR COERÊNCIA ÓPTICA (OCT).....	33
3	PROPOSIÇÃO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	MATERIAIS RESINOSOS ESTUDADOS	39
4.2	CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	41
4.2.1	Seleção dos dentes e fase prévia aos preparos	41
4.2.2	Preparos dos espécimes	42
4.4	OBTENÇÃO DAS IMAGENS E DADOS	45
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
4.5	AMOSTRAS DAS SERINGAS E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS ESTUDADOS	49
5	RESULTADOS	51
5.1	PRESENÇA DE BOLHAS DE AR NAS RESTAURAÇÕES	51
5.2	FORMATO DAS BOLHAS	52
5.3	LOCALIZAÇÃO DAS BOLHAS	53
5.4	TAMANHO DAS BOLHAS	53
5.5	PORCENTAGEM DE ESPAÇOS.....	54
5.6	RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DAS BOLHAS POR GRUPO.....	54
5.7	RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO DE AMOSTRAS EXTRAÍDAS DIRETAMENTE DAS SERINGAS DOS MATERIAIS RESTAURADORES UTILIZADOS	57
6	DISCUSSÃO	60
7	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	67
	ANEXOS	73

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas são cada vez mais utilizadas como o material restaurador de preferência ao redor do mundo.(1) O seu contínuo desenvolvimento e melhorias nas suas propriedades estéticas e mecânicas, bem como a vantagem determinada pela ausência de preparo ou de conformação retentiva, facilitam a prática de uma odontologia minimamente invasiva.(2) Evitando o desgaste de estruturas dentárias sadias como parte do tratamento, o dente restaurado apresenta mais resistência às cargas quando em função, além de um melhor prognóstico.(3) Porém, as resinas compostas precisam de habilidades clínicas e técnicas operatórias especiais para controlar os fenômenos causados pela contração de polimerização. O estresse produzido pela contração de polimerização pode causar falha adesiva, resultando em sensibilidade pós-operatória, manchamento marginal e lesão de cárie recorrente.(4)

Uma técnica operatória de restauração é a técnica de restauração incremental, que consiste em inserir incrementos de compósito de até 2mm de espessura. Assim, visa-se assegurar uma polimerização adequada, reduzindo a citotoxicidade, melhorando as propriedades físicas do material(5) e aumentando sua adaptação marginal. Além disso, a utilização de incrementos sem unir paredes opostas para a confecção da restauração diminui a contração de polimerização total e reduz o Fator de Configuração Cavitária (Fator-C) do preparo. (6) O Fator-C, corresponde à relação entre a superfície unida à resina e superfície livre (7) e também pode ser controlado pelo posicionamento oblíquo das camadas de resina, unindo apenas duas paredes por vez.(4) Embora a utilização da técnica de restauração incremental ajude a controlar as desvantagens das resinas compostas mencionadas anteriormente, ela também pode apresentar problemas. Estes estão relacionados com a formação de bolhas ou com a ausência de união entre as camadas, além das dificuldades encontradas ao restaurar cavidades amplas, profundas e de difícil acesso, as quais podem deixar o procedimento restaurador demorado.(8) Além disso, a presença de porosidades causadas por aprisionamento de ar no corpo da restauração afetam negativamente as características estéticas e mecânicas das restaurações.(9)

Com o objetivo de facilitar o procedimento restaurador, controlando as desvantagens das resinas compostas e diminuindo o tempo operatório, foi desenvolvida uma nova geração destes materiais, as resinas *bulk fill*, elas propõem a vantagem de restauração de cavidades de tamanho médio a profundo em dentes posteriores com um só incremento de até 4-5 mm de profundidade.(10) Autores e fabricantes afirmam haver menor presença de bolhas de ar quando a técnica restauradora de incremento único (*bulk fill*) é utilizada, devido à menor quantidade de porções durante o procedimento restaurador.(11) Assim, é preconizado um menor manuseio do material restaurador, reduzindo a quantidade de bolhas de ar incorporadas pelo operador durante o procedimento operatório(12), especialmente em cavidades mais profundas.(12, 13) Em contraste, tem sido descrita a maior presença de porosidade em uma maior espessura do material restaurador (14) e maior incidência de espaços vazios em restaurações com uma maior quantidade de camadas.(13)

Por tanto, sabendo que a presença de porosidades dentro da restauração afeta negativamente a resistência flexural do material e determina uma menor resistência à fadiga e ao desgaste.(15, 16), torna-se necessário investigar se a prevalência de bolhas nas restaurações utilizando a técnica *bulk fill* é menor em comparação às restaurações -em que a técnica incremental é utilizada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RESINAS COMPOSTAS

As resinas compostas têm sido utilizadas há mais de 40 anos como material restaurador direto para reabilitar os dentes posteriores. Inicialmente, foram apresentadas como um material experimental e comparadas com as já consolidadas restaurações de amálgama, apresentando resultados promissores.(17) O material foi adquirindo uma maior aceitação, principalmente pelas características estéticas que oferece. Porém, também foram identificados certos desafios na sua utilização clínica, necessitando incorporar algumas melhorias, tanto no material, quanto na técnica restauradora, com o objetivo de aumentar a longevidade das restaurações. (9)

Dentre as desvantagens das resinas compostas, encontra-se a contração de polimerização, que corresponde à diminuição volumétrica do material causada pela polimerização (18). Essa contração é dependente da quantidade de carga da resina, do tamanho dos monômeros que apresenta e da extensão da reação de polimerização.(19) Como consequência da contração de polimerização é gerado estresse de contração, que afeta a união entre dente e restauração, podendo provocar defeitos na camada adesiva e microinfiltração. Estas alterações são capazes de gerar sensibilidade pós-operatória ou lesão de cárie recorrente, bem como alterar a estrutura dentária subjacente, causando deformações do substrato dentário e, eventualmente, levando à fratura.(20) O estresse de contração é uma resposta complexa ao tamanho do preparo cavitário, à técnica restauradora, à técnica de polimerização e aos materiais utilizados.(21)

De acordo com a sua consistência, as resinas compostas podem ser classificadas em três tipos: universais, *flow* (ou fluídas) e condensáveis.(22) As resinas universais possuem alta viscosidade, permitindo a sua aplicação com um instrumento manual. Não obstante, apresentam diferentes consistências e tamanhos de partículas de carga dependendo do fabricante, determinando a resistência, a capacidade de polimento e a estética da restauração. As resinas *flow*, apresentadas comercialmente em seringas de ponta fina, possuem uma baixa viscosidade devido à

menor incorporação de partículas de carga, correspondente a 25% da quantidade incorporada em resinas compostas universais. Esta característica diminui suas propriedades mecânicas, limitando sua utilização ao preenchimento de cavidades reduzidas, ao forramento de preparos profundos (23) ou ao selamento de cicatrículas e fissuras.(24) Por último, as resinas condensáveis, já não mais utilizadas, foram desenvolvidas para oferecer maior resistência aos instrumentos que, mediante pressão, posicionam o material, visando obter contatos interproximais de maior intensidade.(22) Essa resistência aos instrumentos é obtida pela modificação no formato das partículas de carga ou por alterações dos monômeros da matriz que compõem o material.(25)

Para facilitar a restauração com resinas compostas, especialmente em cavidades amplas e profundas, uma nova geração de resinas foi desenvolvida, as resinas *Bulk fill*. Os fabricantes têm incorporado uma maior quantidade de partículas de carga em sua fabricação com formato diferente das convencionais,(26) para permitir a passagem da luz sem reduzir suas propriedades mecânicas, além de monômeros que modulam a reação de polimerização, diminuindo a contração de polimerização.(27) As resinas *Bulk Fill* podem apresentar dois tipos de consistência: alta viscosidade e baixa viscosidade (*flow*). As resinas *Bulk Fill flow* podem facilitar e acelerar o procedimento restaurador de cavidades estreitas e profundas, porém precisam ser cobertas por uma camada final de 2 milímetros de resina convencional de alta viscosidade. (10, 28) Além das resinas de alta viscosidade, inseridas na cavidade restauradora mediante a utilização de espátulas, bem com das resinas *flow*, inseridas com ponteiros em forma de seringa, também foram desenvolvidas as resinas *bulk fill* ativadas com energia ultrassônica, a qual utiliza vibração para diminuir a viscosidade do compósito à temperatura ambiente, melhorando a adaptação à parede da cavidade.

2.2 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO COM RESINAS COMPOSTAS

2.2.1 Técnica Incremental

Como citado anteriormente, as resinas compostas geram estresse à estrutura dentária devido à contração de polimerização. Para controlar essa desvantagem e diminuir seus efeitos negativos, é recomendado que o material restaurador resinoso convencional seja utilizado por meio da técnica restauradora incremental.(29, 30) A referida técnica restauradora consiste em aplicar o material resinoso em finas porções de não mais de 2 milímetros de espessura.(6) Desta forma se procura promover uma adequada polimerização da resina composta no fundo do preparo, assim como nas regiões proximais das restaurações,(31) visto que o maior grau de conversão da resina beneficia as propriedades físicas da restauração e diminui a citotoxicidade do material (32). Embora a longevidade da restauração seja favorecida pela técnica incremental, a execução deste tratamento envolve um tempo clínico maior, aproximadamente o dobro, quando comparado à restauração de amálgama (33).

2.2.2 Técnica *Bulk Fill* ou De Porção Única

Corresponde à técnica restauradora recomendada para a utilização das resinas *Bulk Fill*, se baseia na inserção do material restaurador ao preparo, mediante uma porção única de até 4 ou 5 milímetros (34). A utilização de incrementos de maior espessura em comparação à técnica incremental, é possível graças à maior translucidez do material desenvolvido para a técnica, bem como pela presença de fotoiniciadores mais reativos, permitindo, respectivamente, uma maior penetração da luz e um aumento da profundidade de polimerização (35). Além disso, a técnica restauradora *Bulk Fill* promete uma menor incorporação de bolhas à restauração, bem como a geração de um menor estresse após sua polimerização, preservando as propriedades mecânicas da restauração e da estrutura dentária. Contudo, ainda não existe uma concordância entre os resultados das pesquisas publicadas que corrobore o impacto destas propriedades, sendo necessária a realização de mais estudos. (36, 37)

2.2.3 Técnica de inserção Sônica

Este mecanismo de ativação aumenta a fluidez do compósito de ativação sónica, facilitando a inserção do material, sem precisar de forramento, nem uma camada final de resina de alta viscosidade. Desenvolvidas para serem inseridas em incremento único, as resinas de ativação sónica são levadas em posição numa peça de mão especialmente desenvolvida para a técnica e, uma vez em posição, recuperam sua viscosidade, viabilizando a escultura anatômica da restauração final. São indicadas para preencher preparos cavitários de até 5 mm de profundidade com a promessa de gerar uma menor quantidade de porosidade na restauração final.(38)

2.3 BOLHAS DE AR NAS RESTAURAÇÕES

Espaços, causados pelo aprisionamento de ar, podem ser incorporados na resina composta durante a sua fabricação ou durante a fase restauradora realizada pelo cirurgião-dentista. Esses espaços, também denominados porosidades, podem estar localizados na superfície do material; entre os incrementos da restauração ou na interface entre dente e resina composta. Quando as porosidades estão presentes no corpo da restauração, as propriedades mecânicas do material são prejudicadas devido à inibição da polimerização gerada pela presença de ar. As mesmas, quando localizadas na superfície da restauração, permitem uma maior retenção de resíduos orgânicos, causando um escurecimento semelhante ao manchamento marginal.(9) O manchamento marginal, consequente da formação de espaços na margem da restauração, é originado pela ruptura da interface adesiva devido à contração de polimerização.(39) Quando as porosidades apresentam formato esferoidal são chamadas bolhas de ar. Estudos indicam a presença de bolhas como um fator prejudicial para a longevidade da restauração,(40) com a redução da resistência à fadiga e o favorecimento da propagação de fraturas.(12)

Existem diferentes técnicas para a avaliação *in vitro* da presença de bolhas: tanto estudos destrutivos, que, por meio da análise por microscopia, avaliam fragmentos de corpos de prova seccionados;(41, 42) quanto estudos não destrutivos, indo desde a

avaliação visual de radiografias digitais(11) até as análises tomográficas utilizando Tomografia por Coerência Óptica(43, 44) e Microtomografia 3D.(14, 36)

2.4 TOMOGRAFIA POR COERÊNCIA ÓPTICA (OCT)

A Tomografia, como conceito, corresponde ao método de obtenção de imagens de secções das estruturas estudadas. Seguindo essa definição, a Tomografia por Coerência Óptica é uma técnica não destrutiva que permite obter imagens bidimensionais e tridimensionais de cortes transversais das estruturas avaliadas(45). A imagem tomográfica é obtida medindo a luz refletida pelos tecidos em função do tempo, permitindo obter uma imagem análoga às imagens obtidas utilizando os aparelhos de ultrassom(46).

O núcleo do sistema geralmente está constituído por um interferômetro de Michelson, principalmente composto por: uma fonte luminosa, um sistema de leitura e um detector de luz. A luz emitida é dividida em duas: uma dirigida em direção à amostra e a outra em direção a um espelho de referência (Figura 2.1). Posteriormente são combinadas a luz refletida pelo espelho e a luz retrodispersada pela amostra, originando um padrão de interferência que será lido pelo detector.(47) O detector recebe a informação e a mesma é transformada numa imagem bidimensional correspondente a uma fatia da amostra, denominada “secção óptica”, a qual poderá ser observada em escala de cinza ou ser colorida artificialmente. A resolução lateral da imagem é limitada pelo aparelho, especificamente pelo diâmetro do feixe que é dirigido para a amostra. Devido ao fato de a luz viajar mais lentamente no tecido do que no ar, para calcular as medidas no eixo Y deve ser feita uma correção. Por tanto, para obter a medida de profundidade real da imagem é necessário conhecer o índice de refração do tecido ou do material de estudo.(48, 49) Desse modo, é possível obter a distância vertical corrigida, dividindo a distância da imagem pelo índice de refração.

Figura 2.1 – OCT. A figura corresponde a uma representação esquemática de como é obtida uma imagem por OCT. A partir da fonte luminosa, a luz emitida é dividida em dois feixes, dirigidos à amostra e ao espelho de referência. A luz refletida por ambos gera o padrão de interferência que originará a imagem transversal da amostra. Dependendo da posição do espelho de referência, é determinada a profundidade a ser avaliada, dentro das limitações de penetração do aparelho (50)

Ballet de Cara, 2012

Desenvolvido inicialmente para auxiliar no diagnóstico oftalmológico,(48, 49) o OCT foi posteriormente ampliando sua utilização para diversas especialidades da medicina. (49) Desde o início da sua utilização em odontologia em 1998, foram desenvolvidas novas pesquisas propondo sua utilização em estudos de laboratório, bem como na prática clínica – para visualização não invasiva de lesões de cáries dentárias, de fraturas dentárias e de defeitos na interfase entre dente e restauração.(51) O OCT é reconhecido como uma potente ferramenta para a determinação *in vitro* de bolhas nas restaurações de resina composta.(43, 44)

Ademais, a partir da sua utilização, também é possível observar tecidos moles orais sem necessidade de biópsia, nem procedimentos histológicos, apresentando-se como uma nova ferramenta para o diagnóstico de doenças, sendo uma importante vantagem no auxílio da detecção precoce de tumores na cavidade oral.

Embora existam algumas limitações na sua utilização, como a baixa profundidade de penetração nos tecidos - a qual, dependendo do aparelho, corresponde apenas a poucos milímetros - graças às suas características não invasivas e não destrutivas, a Tomografia por Coerência Óptica poderia ser considerada o método diagnóstico de eleição do futuro. (46)

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi caracterizar e avaliar a ocorrência de bolhas em restaurações confeccionadas com resina composta, comparando a utilização das técnicas de inserção incremental e porção única (*bulk fill*), confeccionadas com 4 diferentes materiais (Filtek™ Z350 XT (3M Oral Care), Filtek™ One Bulk Fill Restorative (3M Oral Care), Filtek™ Z350 XT Flowable Restorative (3M Oral Care) e Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative (3M Oral Care), por meio da Tomografia por Coerência Óptica (OCT).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (CAAE: 81332517.9.0000.0075 e Número de Parecer: 2.485.308) para uso de dentes humanos (ANEXO A).

4.1 MATERIAIS RESINOSOS ESTUDADOS

Os materiais comparados no estudo foram: a resina composta convencional de alta viscosidade Filtek™ Z350 XT A2B (FXT; 3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA), a resina composta *bulk fill* de alta viscosidade Filtek™ One Bulk Fill A2 (FOB; 3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA), a resina convencional fluida Filtek™ Z350 XT A2 Flow (FF; 3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA) e a resina *bulk fill* fluida Filtek™ Bulk Fill Flow A2 (FBF; 3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA); (Figura 4.1 e Quadro 4.1).

Figura 4.1 - Materiais resinosos utilizados nas diferentes técnicas avaliadas

Quadro 4.1 - Composição dos materiais restauradores. Carga por peso e volume

Nome	Composição
Filtek™ Z350 XT: FXT (3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA)	Bis-GMA; Bis-EMA ; UDMA e TEGDMA Sílice não aglomerado (20nm); zircônia não aglomerado (4-11nm) e agregado de zircônia-sílice: (0,6-10µm). Partículas de carga: por volume 63,3%; por peso 78,5%. ¹
Filtek™ One Bulk Fill Restorative: FOB (3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA)	DDMA; AUDMA, UDMA, AFM Partículas de sílica não aglomeradas (~20nm), zircônia não aglomeradas (4-11nm) e fluoreto de Itérbio (~ 100nm) ² Partículas de carga: por volume 58,5%; por peso 76,5%. ²
Filtek™ Z350 XT Flow: FF (3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA)	Bis-GMA; TEGDMA; Bis-EMA Sílica não aglomerado (75nm), zircônia não aglomerado (5-10nm) zircônia-sílice aglomerado (aglomerado: 5-20nm, partículas: 0,5-1,4µm Partículas de carga por volume 55%, por peso 65%. ¹
Filtek™ Bulk Fill Flow: FBF (3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA)	Bis-GMA ; Bis-EMA e UDMA Partículas de zircônia e sílica (0,01 – 3,5 µm) e fluoreto de Itérbio (0,1-5 microns) ² Partículas de carga: por volume 42,5%; por peso 64,5%. ¹

¹ Perfil técnico do fabricante (3M Oral Care), ² (52)

4.2 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

4.2.1 Seleção dos dentes e fase prévia aos preparos

Para a confecção dos corpos de prova (c.p.) foram utilizados 48 dentes terceiros molares humanos hígidos, cedidos pelo banco de dentes da FOU SP. Cálculo dental e remanescentes de tecido mole bucal foram retirados com auxílio de curetas Gracey. Posteriormente, foi realizada uma profilaxia com escovas de Robinson e Pedra Pomes com água.

Cada face proximal (mesial e distal) do elemento dentário foi preparada utilizando lixas abrasivas de granulação 800 e 1200 na Politriz ECOMET 023-011263 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), com fixação digital, durante 15 segundos cada, com o objetivo de obter uma superfície regular em esmalte.

Antes da realização de qualquer preparo nos dentes já regularizados, um molde de silicone de adição de alta densidade (Express XT – 3M Oral Care, St. Paul, MN, EUA) foi fabricado para servir como matriz, auxiliando na inserção do material no interior das cavidades durante a fase restauradora. Para confecção dos moldes, foram utilizadas matrizes plásticas cilíndricas, que foram preenchidas com silicone utilizando pressão digital. Então, os dentes foram introduzidos no centro das matrizes, até que as suas faces proximais estivessem cobertas com silicone. Uma vez polimerizado o silicone, cada molde cilíndrico foi retirado da matriz plástica e marcado com caneta permanente, identificando o número do grupo e o número do c.p. correspondente (Figura 4.2, (a), (b) e (c)). Para remoção dos dentes da matriz, devido à divergência de muitas das raízes, foi necessário fazer um corte com lâmina de bisturi no terço inferior do cilindro de silicone (Figura 4.2, (c)).

Figura 4.2 - Confeção das matrizes de silicone (a), identificação (b) e recorte com lâmina de bisturi para liberar os dentes (c)

4.2.2 Preparos dos espécimes

Depois da confecção dos moldes individuais, dois preparos do tipo slot vertical foram realizados, um em cada face proximal, utilizando caneta de alta rotação e ponta diamantada cilíndrica de extremo plano (1092) sob refrigeração com ar e água. A região proximal a ser preparada foi demarcada previamente com ajuda de um lápis e um paquímetro digital. Os preparos, um para cada face proximal, possuíam profundidade de 4mm, largura de 4mm, com uma distância áxio-proximal de 2mm (Figura 4.3). Para regularização das paredes do preparo foi utilizada uma broca carbide cilíndrica de extremo plano (CA57).

Figura 4.3 – Preparos dos Dentes. Terceiro Molar Humano (a), ponta diamantada 1092 e broca de carbide CA 57 utilizadas nos preparos (b) e preparos finalizados (c)

Após regularização do preparo, suas medidas foram conferidas com paquímetro digital. Com os dentes reposicionados nas matrizes, primeiramente, foram realizados os procedimentos adesivos utilizando Clearfill™ SE Bond (Kuraray, Tokyo, Japan), seguindo as recomendações do fabricante. Começando pelo condicionamento do esmalte da margem dos preparos utilizando ácido ortofosfórico a 37% (Ataque gel Biodinâmica®, Ibiporã, Brasil) durante 10 segundos, posteriormente foram lavados por 10 segundos e finalmente secados com suave jato de ar. Utilizando um microbrush foi aplicado o primer sobre toda a superfície do preparo e, depois de aguardar 30 segundos, os componentes voláteis foram evaporados com um suave jato de ar. Finalmente, foi aplicado o bond sobre toda a superfície do preparo, deixando uma camada uniforme, e depois de 30 segundos foi fotopolimerizado durante 10 segundos com o Fotopolimerizador Radium-cal SDI (emissão radiante: 1200mW/cm², SDI, Victoria, Australia).

Em seguida os dentes foram restaurados variando a técnica de inserção e os materiais restauradores, com auxílio de espátulas e sonda periodontal para padronizar as medidas, de acordo com os grupos especificados do Quadro 4.2. Cada camada de material foi fotoativado por 20 segundos com o equipamento Fotopolimerizador Radium-cal SDI (emissão radiante: 1200mW/cm², SDI, Victoria, Australia). Uma vez preenchidos ambos preparos, o dente foi retirado da matriz de silicone. Logo após, foi

posicionada uma matriz de poliéster na superfície oclusal e proximal das restaurações e foram fotopolimerizadas por 20 segundos cada superfície oclusal, mesial e distal.

Quadro 4.2 - Grupos, material utilizado, técnica restauradora utilizada e esquema da(s) camada(s) de material restaurador inseridas nos preparos

Grupo	Material	Posição das camadas de material	Nome Comercial
G1: FOB	Resina Composta bulk fill de alta viscosidade		Filtek™ One Bulk Fill (3M Oral Care)
G2: FXT	Resina Composta Convencional		Filtek™ Z350 XT (3M Oral Care)
G3: FBF+FXT	Resina composta de baixa viscosidade bulk fill + Resina Composta Convencional		Filtek™ Bulk Fill Flow (3M Oral Care) + Filtek™ Z350 XT (3M Oral Care)
G4: FF+FXT	Resina composta de baixa viscosidade convencional + Resina Composta Convencional		Filtek™ Z350 XT Flow (3M Oral Care) + Filtek™ Z350 XT (3M Oral Care)

Após a confecção dos c.p. cada dente foi separadamente imerso em água destilada e mantida à temperatura constante de 37°C .

4.3 CICLAGEM TÉRMICA

Depois de 48 horas, os c.p. foram submetidos à ciclagem térmica com cicladora térmica Nova Ética 521/4D por 5000 ciclos, (53, 54) onde um ciclo térmico corresponde a 5°C por 30 segundos e 55°C por 30 segundos, com uma variação de ± 3 graus, simulando as alterações térmicas que ocorrem dentro da cavidade bucal por um período de aproximadamente 6 meses (55) (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Cicladora Térmica Nova Ética 521/D

4.4 OBTENÇÃO DAS IMAGENS E DADOS

Depois de completa a ciclagem térmica, foi realizada a Tomografia por Coerência Óptica (OCT), com o OCT930 SR (Thorlabs Inc., New Jersey, EUA, Figura 4.5) no laboratório de Tomografia Óptica do Centro de Lasers e Aplicações (CLA) do IPEN-CENEN/USP. O equipamento possui uma fonte luminosa que emite uma luz em

um comprimento de onda da fonte luminosa de 930 nm e potência de 2 mW com profundidade de imagem máxima de 0,7 mm. Obtendo imagens de 512 x 2000 pixels.

Figura 4.5 - OCT930 SR, Thorlabs Inc

Os corpos de prova, foram secos com gaze, fixados em cera 7 e analisados considerando-se a superfície proximal como o topo da restauração, para assim ser possível avaliar todo o material (Figura 4.6). Foram utilizados os parâmetros de 2000 cortes (Columns) para uma largura de 2,5 mm (Range), no programa SR Scan. Para padronizar a avaliação, os corpos de prova foram sempre avaliados duas vezes, fazendo uma varredura da restauração com o micrótomo do aparelho, posicionando a amostra para avaliar primeiro a porção mais cervical da restauração, e depois, para avaliar a porção mais coronal da mesma, sem considerar a interface dente restauração nem a camada adesiva. Dessa forma, quando uma bolha era detectada visualmente, era realizada uma varredura ao redor dela para definir o maior diâmetro visível. Posteriormente, a imagem era congelada e salva num arquivo de imagem (.bmp e .raw) gerado pelo mesmo programa, junto aos parâmetros utilizados num arquivo de texto (.txt). Antes de adicionar os dados na tabela de resultados, foram conferidas visualmente as imagens no computador, para confirmar se elas correspondiam às imagens de bolhas. Foram consideradas como imagem de bolha as manchas escuras, de bordas arredondadas, com uma margem luminosa ao redor e os defeitos superficiais de base arredondada, correspondentes a bolhas entre a

matriz de silicone e o material restaurador (Figura 4.7), de diâmetro maior ou igual a 15 μm , no eixo horizontal, e 10 μm , no eixo vertical.

Figura 4.6 - Posição do c.p. na avaliação com OCT

Figura 4.7 - (a) imagem considerada como bolha localizada no interior da restauração; (b) imagem considerada como bolha localizada na superfície da restauração

Além da contagem de ocorrência de bolhas, foi calculado o volume de cada uma delas estabelecendo um modelo, no qual se assume que podemos observar dois tipos de bolhas: aquelas com a altura e largura semelhantes, próximas ao formato esférico e as que apresentavam uma das duas dimensões de maior tamanho (altura ou largura), correspondentes ao formato elipsoidal. Portanto, o volume das bolhas esféricas foi calculado utilizando a fórmula para obter o volume da esfera ($\frac{4}{3}\pi r^3$) e o volume das bolhas elipsoidais com a fórmula para obter o volume do elipsoide ($\frac{4}{3}\pi a^2b$), seguindo as coordenadas da Figura 4.7.

Figura 4.8 – Cálculo do volume das bolhas

Finalmente, foi calculado o volume total das bolhas por restauração, fazendo uma somatória de todos os volumes das bolhas detectadas, e foi determinada a porcentagem de espaços total da restauração, considerando como volume total da restauração 11.2 mm^3 , correspondentes à multiplicação da largura do preparo (4mm) pela altura do preparo (4mm) pela profundidade de penetração do OCT (0,7mm). As medições para obter os valores das dimensões para calcular o volume foram realizadas no programa ImageJ. Começando pela calibração da imagem, já que ela é salva num arquivo padrão, a mesma foi formatada mantendo a distância de pixels original. Para calcular as medidas no eixo X (horizontais) a medição foi realizada

diretamente sobre imagem formatada. No eixo Y, além da calibração da distância de pixels, foi considerada a distorção da imagem nesse eixo pelo de índice de refração. Assim, considerando que o índice de refração da resina composta é semelhante ao do esmalte dentário que corresponde a 1,6, (56, 57) o valor foi corrigido dividindo-o pelo índice de refração.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Primeiramente foi realizada a análise descritiva de presença, formato e localização de bolhas por grupo.

Os dados de presença de bolhas para cada grupo foram analisados pelo teste de Qui-Quadrado, para verificar se existiam diferenças entre as técnicas restauradoras, com nível de significância de 5%. O número de bolhas e a porcentagem de espaços presentes por restauração e por grupo foi organizado em tabelas e analisado com o teste de Normalidade de Lilifors. Diante da não normalidade de dados (Anexos B e C), o teste escolhido para a análise final foi o Kruskall Wallis e as comparações entre os grupos foram realizadas utilizando o método de Dunn. Todos os testes foram aplicados com um nível de significância de 5%.

4.5 AMOSTRAS DAS SERINGAS E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS ESTUDADOS

Uma amostra de cada material resinoso utilizado para a confecção das restaurações utilizando as diferentes técnicas restauradoras foi obtida diretamente da seringa, evitando o manuseio. Os materiais resinosos de alta viscosidade foram removidos da seringa utilizando uma lâmina de bisturi Nº10 (Solidor, Lamedid, Suzhou, China) e os materiais fluidos foram depositados numa placa de vidro. Posteriormente, as amostras das resinas foram polimerizadas, durante 20 segundos com o equipamento Fotopolimerizador Ralii-cal SDI (emissão radiante: 1200mW/cm², SDI, Victoria, Australia) e avaliadas no OCT. Este procedimento foi

realizado para observar a presença de defeitos no material quando extraído diretamente desde a seringa, sem maior manuseio.

5 RESULTADOS

5.1 PRESENÇA DE BOLHAS DE AR NAS RESTAURAÇÕES

De um total de 96 restaurações realizadas, 24 por grupo, foram detectadas bolhas em 84,4% do total. A percentagem de restaurações com uma ou mais bolhas e a média do total de bolhas detectadas em cada grupo estão apresentadas na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Percentagem de restaurações que apresentaram bolhas, considerando cada grupo individualmente

Grupo	Materiais Resinosos	Restaurações com bolha(s) (%)	Média de bolhas por restauração
1	FOB	83,3	1,8
2	FXT	75	1,1
3	FBF+FXT	79,2	2,2
4	FF+FXT	100	7,3

Todos os grupos apresentaram bolhas. A quantidade de bolhas detectadas em cada grupo se encontra representada na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Número de bolhas detectadas em cada grupo

Grupo	Materiais Resinosos	Número de bolhas
1	FOB	44
2	FXT	26
3	FBF+FXT	53
4	FF+FXT	176

5.2 FORMATO DAS BOLHAS

As bolhas presentes nas restaurações foram caracterizadas em dois formatos: as esféricas, com diâmetros verticais e horizontais semelhantes, e as elipsoidais, que possuíam um diâmetro maior em algum dos dois eixos, apresentando um formato alongado. A quantidade de bolhas por grupo, encontra-se apresentada no gráfico 5.1.

Gráfico 5.1 – Quantidade de bolhas considerando o formato, esféricas e elipsoidais

5.3 LOCALIZAÇÃO DAS BOLHAS

Seguindo a localização, a maioria das bolhas se encontravam na região interna da restauração (Gráfico 5.2).

Gráfico 5.2 – Posição e número de bolhas em cada grupo

5.4 TAMANHO DAS BOLHAS

Quadro 5.1 – Medidas máximas e mínimas das bolhas detectadas

Grupo	Eixo Horizontal		Eixo Vertical	
	Diâmetro Máximo (µm)	Diâmetro Mínimo (µm)	Diâmetro Máximo (µm)	Diâmetro Mínimo (µm)
FOB	525	30	99,8	21,9
FXT	607,5	35	73,1	18,1
FBF+FXT	1.065	15	293	10,9
FF+FXT	460	17,5	120,6	11,3
TOTAL (µm)	1.065	15	293	10,9

5.5 PORCENTAGEM DE ESPAÇOS

O volume total da restauração, avaliado pelo OCT, junto ao volume total das bolhas de ar detectadas em cada restauração, foram utilizados para calcular a percentagem de espaços detectados nas restaurações. No quadro 5.2 podemos observar os volumes máximos e mínimos das bolhas detectadas.

Quadro 5.2 – Volumes máximos e mínimos das bolhas detectadas

Grupo	Volume Máximo (mm ³)	Volume Mínimo (mm ³)
FOB	$7,6 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-5}$
FXT	$5,9 \times 10^{-2}$	$9,5 \times 10^{-6}$
FBF+FXT	$3,2 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^{-6}$
FF+FXT	$2,5 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-6}$
	$3,2 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^{-6}$

5.6 RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DAS BOLHAS POR GRUPO

Quadro 5.3 – Caracterização das bolhas por grupo, considerando: Número, Média de Tamanho e Percentagem de Espaços

Grupo	Número total de Bolhas	Média de Bolhas por grupo	Média de tamanho de bolhas por grupo (mm ³)	Percentagem de espaços* (%)
FOB	44	1,8	0,003	0,001 - 0,7
FXT	26	1,1	0,003	0,001 - 0,5
FBF+FXT	53	2,2	0,01	0,003 - 2,9
FF+FXT	176	7,3	0,0005	0,002 - 0,236

*Faixa Percentual.

Para a análise estatística referente ao número de bolhas, foi utilizado o teste de Kruskal Wallis (Tabelas 5.3 e 5.4), com este demonstrando haver diferença estatisticamente significativa ($p = < 0,001$). Na comparação entre os grupos com o método de Dunn, detectou-se que só o G4 (FF+FXT), quando comparado com os outros grupos (G1, G2 e G3), apresentava uma maior quantidade de bolhas (Tabela 5.5)

Tabela 5.3 - Comparação Número de bolhas G1xG2xG3xG4 – Resultados Teste Kruskal-Wallis

H	52.5381
Graus de liberdade	3
(p) Kruskal-Wallis	< 0.0001

Tabela 5.4 – Resultados Teste de Kruskal-Wallis

Grupo	Materiais Resinosos	Resultados	Posto Médio
1	FOB	957.5000	39.8958 (a)
2	FXT	679.5000	28.3125 (a)
3	FBF+FXT	1039.5000	43.3125 (a)
4	FF+FXT	1979.5000	82.4792 (b)

Postos médios com letras iguais não apresentam diferenças significativas entre eles.

Tabela 5.5 – Comparação pelo Método de Dunn

Comparações postos Médios	Diferença de Postos	Z calculado	Z crítico	p
G1xG2	11.5833	1.4404	2.635	ns*
G1xG3	3.4167	0.4249	2.635	ns*
G1xG4	42.5833	5,2954	2.635	< 0.05
G2xG3	15.0000	1.8653	2.635	ns*
G2xG4	54.1667	6.7358	2.635	< 0.05
G3xG4	39.1667	4.8705	2.635	< 0.05

*ns: não significante

Para a análise estatística referente à percentagem de espaços também foi utilizado o teste de Kruskal Wallis (Tabelas 5.6 e 5.7) e este demonstrou haver diferença estatisticamente significativa ($p=0.0158$). Não obstante, com a comparação com o método de Dunn, detectou-se que só o G3 (FBFF + FC), quando comparado com o G2 (FC), apresentava uma maior percentagem de espaços (Tabela 5.8).

Tabela 5.6 - Comparação quanto a percentagem de espaços

H	10.8266
Graus de liberdade	3
(p) Kruskal-Wallis	0.0158

Tabela 5.7 – Resultados Teste de Kruskal-Wallis

Grupo	Resultados	Posto Médio
FOB	1031.5000	42.9792 (ab)
FXT	864.5000	36.0000 (a)
FBF+FXT	1391.5000	57.9792 (b)
FF+FXT	1369.0000	57.0417 (ab)

Tabela 5.8 – Comparação pelo Método de Dunn

Comparações postos Médios	Diferencia de Postos	Z calculado	Z crítico	p
G1xG2	6.9792	0.8679	2.635	ns*
G1xG3	15.0000	1.8653	2.635	ns*
G2xG4	14.0625	1.7487	2.635	ns*
G2xG3	21.9792	2.7332	2.635	< 0.05
G2xG4	21.0417	2.6166	2.635	ns*
G3-G4	0.9375	0.1166	2.635	ns*

*ns: não significante

A análise estatística da presença de bolhas nas restaurações avaliadas foi realizada com o teste Qui-Quadrado (Tabela 5.10). Os grupos G2 e G4 apresentaram diferenças estatisticamente significantes, G2 apresentou o número menor de restaurações com presença de bolhas e o G4 teve o maior número de restaurações com bolhas, sendo detectadas bolhas em todas as restaurações do grupo (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 – Análise da presença de bolhas

	G1	G2	G3	G4
Com bolha	20 ab	18 a	19 ab	24 b
Sem bolha	4	6	5	0

Tabela 5.10 – Teste Qui- Quadrado

Partição	Lin : Col	Qui -Quadrado	GL	(p)
1	2 : 2	0.6321	1	0.4266
2	2 : 3	0.0	1	1
3	2 : 4	5.9259	1	0,0149

Geral, Tabela: 6,5580, GL: 3, p= 0,0874

5.7 RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO DE AMOSTRAS EXTRAÍDAS DIRETAMENTE DAS SERINGAS DOS MATERIAIS RESTAURADORES UTILIZADOS

As imagens dos materiais restauradores utilizados (Fig. 5.1), avaliadas com o OCT, mostraram que as amostras das seringas dos materiais resinosos de alta viscosidade FOB e FXT eram homogêneos e livres de bolhas. Em contraste, as amostras das seringas dos materiais restauradores fluidos FBF e FF aparecem com defeitos na sua estrutura. Na imagem de FBF, é possível observar na região interna

do material um defeito de grande tamanho. Além disso, existem vários pequenos defeitos na estrutura do FF, apresentando imagens características de bolhas no seu interior.

Figura 5.1 - Imagens de amostras dos materiais utilizando o OCT

6 DISCUSSÃO

Neste estudo *in vitro* foi avaliada a presença de bolhas nas restaurações elaboradas com diferentes técnicas e materiais resinosos. Uma vez confeccionados os preparos em dentes humanos extraídos, os mesmos foram restaurados seguindo a técnica operatória correspondente a cada material, cumprindo com as recomendações do fabricante e visando replicar ao máximo possível a situação clínica. Consequentemente, neste estudo, a superfície oclusal das restaurações confeccionadas com resinas fluídas foi sempre coberta com uma resina de alta viscosidade. Para tanto, as restaurações confeccionadas com as resinas Filtek™ Bulk Fill Flow e Filtek™ Z350 XT Flow, foram finalizadas com uma porção da resina composta convencional Filtek Z350 XT. Além disso, considerando que as propriedades de uma restauração são dependentes de quem a executa (16), todos os corpos de prova foram confeccionados pelo mesmo operador, evitando a influência desse fator sobre os resultados dos grupos individualmente.

A detecção das bolhas presentes nas restaurações foi realizada com Tomografia por Coerência Óptica. A primeira publicação, que descreve sua utilização para os mesmos fins, foi registrada por Nazari et al. (42) no ano 2013, onde foram caracterizadas as bolhas de ar em restaurações confeccionadas com resina fluida. Essa técnica foi apresentada como um método válido para a avaliação de porosidades com resultados comparáveis aos obtidos através da Micro Tomografia (Micro CT), técnica reconhecida para a avaliação de bolhas de ar nas restaurações (58). Desta maneira, o OCT continua sendo utilizado em pesquisas para a caracterização de materiais resinosos, visando a detecção de trincas e defeitos em restaurações (51) e a avaliação dos defeitos internos e marginais em selantes de fissuras (44).

Devido ao fato de o tomógrafo utilizado neste estudo (OCT930, Thorlabs Inc.) possuir uma penetração menor do que a profundidade das restaurações realizadas, o dente foi angulado para a leitura de tal forma que a superfície proximal se posicionou como topo da restauração, permitindo a avaliação do material resinoso até a região mais profunda da restauração no sentido ocluso cervical, e a caracterização de porções de todos os materiais resinosos utilizados pelas diferentes técnicas de

restauração. Porém com a limitação de que somente parte da restauração foi avaliada (35%).

Neste estudo, todos os grupos apresentaram bolhas na avaliação utilizando o OCT. Para o grupo FF+FC foram detectadas bolhas em todas as restaurações (100%), porém a presença de bolhas foi significativamente maior só quando comparada com FC ($p=0,02$). Mesmo assim, a porcentagem de restaurações com porosidades foi alta. Se avaliarmos os grupos individualmente, houve presença de bolhas em pelo menos 75% das restaurações (Tabela 5.1) e, considerando a totalidade das restaurações avaliadas, foram detectadas bolhas em 84,4%. Este resultado foi consistente com outras publicações (13).

Avaliando o formato das bolhas, foi registrada uma quantidade semelhante de bolhas esféricas (T:152) e elipsoidais (T:147). Embora alguns estudos associem o formato elipsoidal com as bolhas presentes entre os incrementos da restauração e as esféricas com aquelas localizadas dentro de uma porção do material (13), neste estudo não foi possível verificar esta caracterização, já que também foram observadas bolhas de formato elipsoidal em restaurações que possuíam uma porção única de resina composta (FBF). Além disso, as bolhas encontravam-se em maior proporção na região interna da restauração (Gráficos 5.1 e 5.2).

Além da caracterização numérica das bolhas, foi calculado o volume individual de cada uma delas. O volume máximo individual avaliado dentre as bolhas de ar caracterizadas foi de $3,2 \times 10^{-1} \text{mm}^3$ e o mínimo de $1,8 \times 10^{-6} \text{mm}^3$ (Quadro 5.2). Desta maneira, considerando o volume total das bolhas registradas por restauração e a região da restauração avaliada, foi calculada a porcentagem de espaços vazios presentes em cada restauração. A porcentagem de espaços determinados foi desde 0,001% até um máximo de 2,9% do total da restauração. Estes valores são similares aos de um estudo previamente publicado, no qual foram determinados valores desde 0,1 até 2% (43).

O resultado obtido a partir da análise do número de bolhas mostra que uma maior quantidade de bolhas não é responsável pela maior porcentagem de espaços vazios nas restaurações. Porém, a discrepância de resultados destas análises pode ser explicada comparando a diferença de tamanho das bolhas detectadas em cada grupo, visto que o grupo de FBFF+FC apresentou bolhas com tamanho médio de 0,01

mm³, muito maiores que as do grupo de FF+FC, as quais possuíam um tamanho médio de 0,0005 mm³ (Quadro 5.3). Esta discrepância demonstra a importância de avaliar a porosidade das restaurações, determinando o volume destas, e não somente a quantidade de bolhas, dado que grandes discrepâncias de tamanhos poderiam levar à interpretação errada dos resultados. De qualquer forma, os grupos que apresentaram os maiores valores, seja em quantidade de bolhas ou em volume de espaços, foram os grupos de FF+FC e FBF+FC.

A presença de bolhas ou espaços vazios em restaurações pode estar relacionada com a técnica operatória, com a habilidade do operador e com a consistência do material.(40, 59) Porém, visto que, neste estudo, todas as restaurações foram realizadas pelo mesmo operador, a possibilidade de incorporá-las mediante a habilidade do técnico foi a mesma para cada grupo, eliminando este fator como uma possível explicação para as diferenças encontradas entre os grupos. No entanto, quanto ao fator técnica operatória, foi observado que os grupos que apresentaram as maiores porosidades, tanto em quantidade de bolhas quanto em volume de espaços, pertenciam a técnicas diferentes: técnica incremental com resina *flow* convencional (FF+FC) e técnica *bulk fill* com resina *bulk fill flow* (FBF+FC). Embora as técnicas sejam distintas, ambas foram confeccionadas com a mesma quantidade e tamanho de incrementos, devido à profundidade do preparo cavitário não permitir uma espessura maior de resina *bulk fill flow*, além da necessidade de cobrir esta com duas camadas oblíquas de resina convencional de alta viscosidade (38). De acordo com a análise estatística, a técnica incremental, utilizando resina fluída convencional (FF+FC), foi a que apresentou a maior quantidade de bolhas. Entretanto, conforme a análise de porcentagem de espaços, a técnica *bulk fill*, utilizando resina *flow* (FBF+FC) apresentou maior porcentagem de espaços vazios que a técnica incremental com resina de alta viscosidade (FC), não havendo diferenças entre a técnica incremental (FC) e a técnica *bulk fill* (FBF), ambas com resina de alta viscosidade.

Os resultados encontrados são conflitantes com a premissa de que a técnica *bulk fill* permite obter uma menor porosidade nas restaurações, característica supostamente atribuída à possibilidade de inserção mediante porção única. Não obstante, concordam com resultados de alguns estudos onde foram detectadas porcentagem de espaços similares, quando avaliadas as técnicas incremental e bulk

fill (60). Embora continuem sendo desenvolvidas novas técnicas de inserção para as resinas bulk fill, a fim de garantir uma porosidade reduzida, - como a inserção sônica do material -, estas apresentaram uma maior formação de bolhas quando comparadas à técnica convencional. (36) Corroborando este achado, foi identificado na literatura nenhum estudo concluindo que resinas *bulk fill* garantem uma técnica que resulte na redução significativa da incorporação de bolhas nas restaurações quando comparada com uma técnica incremental.

Por último, se considerarmos a viscosidade dos materiais utilizados neste estudo, podemos observar que as restaurações realizadas com resinas de menor viscosidade apresentaram os piores resultados, com uma maior quantidade de bolhas e uma maior porcentagem de espaços (FF+FC e FBF+FC). Porém, sabe-se que resinas fluidas são recomendadas por alguns estudos como material forrador justamente com o intuito de diminuir a incidência de bolhas,(41) visto que foi observada uma menor incidência de bolhas em preparos ultraconservadores restaurados com resina flow (14). Os resultados deste estudo não são condizentes com estas informações. Pelo contrário, os resultados obtidos referem uma maior porosidade dos materiais de natureza fluida, assim como outros autores (61), os quais verificaram uma maior incidência de bolhas e porcentagem de espaços, atribuídos à porosidade intrínseca das resinas fluídas, que não pode ser controlada nem modificada pelo operador, que é limitado a seguir os protocolos restauradores estipulados.

Apesar de não ser possível estabelecer conclusões com a análise de uma só amostra de material, as imagens das amostras obtidas diretamente das seringas sugerem uma correlação com os resultados obtidos neste estudo. Visto que o grupo de FF+FC apresentou o maior número de bolhas e o grupo FBF+FC o pior comportamento quando analisada a porcentagem de porosidade, pode-se supor, a partir das porosidades detectadas pelo OCT, que para os materiais de baixa viscosidade, o fator material é mais determinante para a presença de bolhas do que o fator técnica restauradora (62). A explicação para tal suposição pode ser atribuída à fabricação destas resinas, gerando porosidades intrínsecas ao material.

As desvantagens da presença de bolhas em uma restauração são a menor resistência à fadiga, a diminuição da resistência flexural e a irregularidade

superficial;(15, 33) a presença de porosidades torna-se ainda mais crítica no caso dos materiais fluidos da geração bulk fill, visto que eles são recomendados para utilização em espessuras maiores do que para as resinas convencionais - até 4-5mm - uma vez que as restaurações com estes materiais apresentaram uma grande quantidade de porosidades.

Os materiais de alta viscosidade se apresentaram homogêneos nas amostras, sugerindo, neste caso, que a técnica, incremental ou *bulk fill*, poderia ser a responsável pela aparição de porosidades na restauração. Não obstante, não foi atribuído um maior potencial de geração de bolhas ou porcentagem de espaços para uma técnica em particular neste estudo.

Novos estudos precisam ser desenvolvidos para determinar a porosidade intrínseca dos materiais resinosos. Os materiais resinosos devem ser utilizados seguindo rigorosamente a técnica recomendada pelos fabricantes, evitando falhas na técnica restauradora, com especial precaução na utilização das resinas flow, visto seu potencial de apresentar maior porosidade inicial. Ainda, é necessária especial atenção às resinas compostas *bulk fill flow*, uma vez que são indicadas para utilização em grandes incrementos.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e na metodologia utilizada, é possível concluir que:

- Todas as técnicas de inserção do material restaurador e todos os materiais restauradores avaliados apresentaram restaurações com presença de bolhas;
- As técnicas restauradoras que apresentaram o pior desempenho, considerando o número de bolhas e a porcentagem de porosidade, foram aquelas que utilizaram resina composta fluida;
- Quando os materiais de alta viscosidade foram utilizados, a detecção e número de bolhas e a porcentagem de espaços vazios foi independente da técnica restauradora;
- Os clínicos deveriam ser advertidos de que a ocorrência de bolhas nas restaurações não é somente provocada pelo manuseio do material, e que pode se apresentar numa maior proporção quando são utilizados materiais resinosos fluídos, devido a sua incorporação durante a fabricação do material.

REFERÊNCIAS¹

1. Thomaidis S, Kakaboura A, Mueller WD, Zinelis S. Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. *Dent Mater.* 2013;29(8):e132-41.
2. Mackenzie L, Burke FJ, Shortall AC. Posterior composites: a practical guide revisited. *Dent Update.* 2012;39(3):211-2, 5-6.
3. Wilson NH, Lynch CD. The teaching of posterior resin composites: planning for the future based on 25 years of research. *J Dent.* 2014;42(5):503-16.
4. Sabbagh J, McConnell RJ, McConnell MC. Posterior composites: Update on cavities and filling techniques. *J Dent.* 2017;57:86-90.
5. Ferracane JL, Hilton TJ, Stansbury JW, Watts DC, Silikas N, Ilie N, et al. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part II-Technique sensitivity (handling, polymerization, dimensional changes). *Dent Mater.* 2017;33(11):1171-91.
6. Dietschi D, Argente A, Krejci I, Mandikos M. In vitro performance of Class I and II composite restorations: a literature review on nondestructive laboratory trials--part I. *Oper Dent.* 2013;38(5):E166-81.
7. Fok ASL, Aregawi WA. The two sides of the C-factor. *Dent Mater.* 2018;34(4):649-56.
8. Abbas G, Fleming GJ, Harrington E, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent.* 2003;31(6):437-44.
9. Sarrett DC. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater.* 2005;21(1):9-20.
10. Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent.* 2011;39(10):643-7.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

11. Soares CJ, Rosatto C, Carvalho VF, Bicalho AA, Henriques J, Faria ESAL. Radiopacity and Porosity of Bulk-fill and Conventional Composite Posterior Restorations-Digital X-ray Analysis. *Oper Dent*. 2017.
12. Chadwick RG, McCabe JF, Walls AW, Storer R. The effect of placement technique upon the compressive strength and porosity of a composite resin. *J Dent*. 1989;17(5):230-3.
13. Samet N, Kwon KR, Good P, Weber HP. Voids and interlayer gaps in Class 1 posterior composite restorations: a comparison between a microlayer and a 2-layer technique. *Quintessence Int*. 2006;37(10):803-9.
14. Lagouvardos P, Nikolinakos N, Oulis C. Volume fraction and location of voids and gaps in ultraconservative restorations by X-ray computed micro-tomography. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015;12(6):520-7.
15. Kwon SR, Oyoyo U, Li Y. Influence of application techniques on contact formation and voids in anterior resin composite restorations. *Oper Dent*. 2014;39(2):213-20.
16. Opdam NJ, Roeters JJ, de Boer T, Pesschier D, Bronkhorst E. Voids and porosities in class I micropreparations filled with various resin composites. *Oper Dent*. 2003;28(1):9-14.
17. Phillips RW, Avery DR, Mehra R, Swartz ML, McCune RJ. Observations on a composite resin for Class II restorations: three-year report. *J Prosthet Dent*. 1973;30(6):891-7.
18. Van Ende A, Van de Casteele E, Depypere M, De Munck J, Li X, Maes F, et al. 3D volumetric displacement and strain analysis of composite polymerization. *Dent Mater*. 2015;31(4):453-61.
19. Ferracane JL. Buonocore Lecture. Placing dental composites--a stressful experience. *Oper Dent*. 2008;33(3):247-57.
20. Sakaguchi RL, Peters MC, Nelson SR, Douglas WH, Poort HW. Effects of polymerization contraction in composite restorations. *J Dent*. 1992;20(3):178-82.

21. Jafari T, Alaghehmad H, Moodi E. Evaluation of cavity size, kind, and filling technique of composite shrinkage by finite element. *Dent Res J (Isfahan)*. 2018;15(1):33-9.
22. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
23. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Jr., Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc*. 1998;129(5):567-77.
24. Bagherian A, Shiraz AS. Flowable composite as fissure sealing material? A systematic review and meta-analysis. *Br Dent J*. 2018;224(2):92-7.
25. Loguercio AD, Reis A, Hernandez PA, Macedo RP, Busato AL. 3-Year clinical evaluation of posterior packable composite resin restorations. *J Oral Rehabil*. 2006;33(2):144-51.
26. Goncalves F, Campos LMP, Rodrigues-Junior EC, Costa FV, Marques PA, Francci CE, et al. A comparative study of bulk-fill composites: degree of conversion, post-gel shrinkage and cytotoxicity. *Braz Oral Res*. 2018;32:e17.
27. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2015;31(12):1542-51.
28. Ilie N, Schoner C, Bucher K, Hickel R. An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent and deciduous teeth. *J Dent*. 2014;42(7):850-5.
29. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Oper Dent*. 2014;39(2):E71-82.
30. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater*. 2008;24(11):1501-5.
31. Pfeifer CS. Polymer-Based Direct Filling Materials. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):733-50.

32. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials*. 1991;12(8):737-40.
33. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, et al. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent*. 2014;42(4):377-83.
34. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*. 2015;40(2):190-200.
35. Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2018.
36. Hirata R, Pacheco RR, Caceres E, Janal MN, Romero MF, Giannini M, et al. Effect of Sonic Resin Composite Delivery on Void Formation Assessed by Micro-computed Tomography. *Oper Dent*. 2018;43(2):144-50.
37. Papadogiannis D, Tolidis K, Gerasimou P, Lakes R, Papadogiannis Y. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *Dent Mater*. 2015;31(12):1533-41.
38. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*. 2017;222(5):337-44.
39. Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent*. 2004;32(2):109-15.
40. Opdam NJ, Roeters JJ, Peters TC, Burgersdijk RC, Teunis M. Cavity wall adaptation and voids in adhesive Class I resin composite restorations. *Dent Mater*. 1996;12(4):230-5.
41. Olmez A, Oztas N, Bodur H. The effect of flowable resin composite on microleakage and internal voids in class II composite restorations. *Oper Dent*. 2004;29(6):713-9.

42. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Effect of flowable composite lining on microleakage and internal voids in Class II composite restorations. *J Adhes Dent*. 2007;9(2):189-94.
43. Nazari A, Sadr A, Saghiri MA, Campillo-Funollet M, Hamba H, Shimada Y, et al. Non-destructive characterization of voids in six flowable composites using swept-source optical coherence tomography. *Dent Mater*. 2013;29(3):278-86.
44. Borges BC, de Assuncao IV, de Aquino CA, de Melo Monteiro GQ, Gomes AS. Marginal and internal analysis of preheated dental fissure-sealing materials using optical coherence tomography. *Int Dent J*. 2016;66(1):23-8.
45. Fercher AF. Optical coherence tomography - development, principles, applications. *Z Med Phys*. 2010;20(4):251-76.
46. Machoy M, Seeliger J, Szyszka-Sommerfeld L, Koprowski R, Gedrange T, Wozniak K. The Use of Optical Coherence Tomography in Dental Diagnostics: A State-of-the-Art Review. *J Healthc Eng*. 2017;2017:7560645.
47. Francisco Javier Duarte. Laser Pulse Phenomena and Applications, Chapter 20, Optical Coherence tomography: Development and Applications, by Anderson Zanardi De Freitas. IntechOpen, 2010.
48. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical Coherence Tomography. *Science*. 1991;254(5035):1178-81.
49. Fujimoto JG, Drexler W, Schuman JS, Hitzenberger CK. Optical Coherence Tomography (OCT) in ophthalmology: introduction. *Opt Express*. 2009;17(5):3978-9.
50. Ballet de Cara. Avaliação do processo de desenvolvimento de desmineralização em esmalte dental humano utilizando a técnica de tomografia por coerência óptica [dissertação] [Internet] 2012.
51. Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Application of Optical Coherence Tomography (OCT) for Diagnosis of Caries, Cracks, and Defects of Restorations. *Curr Oral Health Rep*. 2015;2(2):73-80.
52. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA, Labrie D, Shimokawa CAK, Price RB. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(1):59-69.

53. Ernst CP, Cortain G, Spohn M, Rippin G, Willershausen B. Marginal integrity of different resin-based composites for posterior teeth: an in vitro dye-penetration study on eight resin-composite and compomer-/adhesive combinations with a particular look at the additional use of flow-composites. *Dent Mater.* 2002;18(4):351-8.
54. Wattanawongpitak N, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. The effect of thermal stress on bonding durability of resin composite adaptation to the cavity wall. *Dent Mater J.* 2007;26(3):445-50.
55. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999;27(2):89-99.
56. Mujat C, van der Veen MH, Ruben JL, ten Bosch JJ, Dogariu A. Optical path-length spectroscopy of incipient caries lesions in relation to quantitative light-induced fluorescence and lesion characteristics. *Appl Opt.* 2003;42(16):2979-86.
57. Hubbezoglu I, Akaoglu B, Dogan A, Keskin S, Bolayir G, Ozcelik S, et al. Effect of bleaching on color change and refractive index of dental composite resins. *Dent Mater J.* 2008;27(1):105-16.
58. Ferracane JL, Hilton TJ, Stansbury JW, Watts DC, Silikas N, Ilie N, et al. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part II-Technique sensitivity (handling, polymerization, dimensional changes). *Dent Mater.* 2017.
59. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res.* 1987;66(11):1636-9.
60. Almeida LJ, Penha KJS, Souza AF, Lula ECO, Magalhaes FC, Lima DM, et al. Is there correlation between polymerization shrinkage, gap formation, and void in bulk fill composites? A μ CT study. *Braz Oral Res.* 2017;31:e100.
61. Balthazard R, Jager S, Dahoun A, Gerdolle D, Engels-Deutsch M, Mortier E. High-resolution tomography study of the porosity of three restorative resin composites. *Clin Oral Investig.* 2014;18(6):1613-8.
62. Drummond JL. Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *J Dent Res.* 2008;87(8):710-9.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Análise Comparativa da quantidade de bolhas em dois modelos de técnicas restauradoras: incremental e bulk fill

Pesquisador: Carolina Alejandra Pardo Díaz

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 81332517.9.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.485.308

Apresentação do Projeto:

Os materiais restauradores estão rapidamente evoluindo e novos protocolos da técnica de inserção do compósito na cavidade restauradora estão sendo propostos. Dependendo da técnica, poderá ocorrer maior ou menor de inclusão de bolhas na restauração final. A inclusão de bolhas entre as camadas do material restaurador pode significar maior degradação da restauração em virtude da menor obtenção de propriedades físico-mecânicas do material. Assim, a necessidade de estudos sobre a prevalência de bolhas em diferentes técnicas de inserção se faz necessária para melhor compreensão do uso e manuseio dos materiais.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do trabalho é analisar a ocorrência de bolhas nas camadas e entre camadas dos materiais estudados, inseridos na cavidade dental através das técnicas restauradoras incremental e bulk fill. Sessenta dentes humanos, divididos em quatro grupos, serão restaurados utilizando: o nanocompósito restaurador FiltekTM Z350 (3M ESPE), pela resina bulk fill FiltekTM Bulk Fill Flowable Restorative (3M ESPE), resina flow convencional FiltekTM Supreme Ultra Flowable Restorative (3M ESPE) e resina bulk fill FiltekTM One Bulk Fill Restorative (3M ESPE), manipulados de acordo com o fabricante. Após 24 horas, os corpos de prova serão submetidos à ciclagem térmica para simulação do ambiente bucal. Posteriormente, será realizada a Tomografia de Coerência Ótica (OCT) para obtenção de dados e imagens. Dependendo da homogeneidade e

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.485.308

normalidade dos resultados obtidos, os testes de escolha serão a análise de variância ANOVA (significância de 5%) ou os testes não paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal Wallis.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não existem riscos por ser um estudo in vitro, sendo que os dentes utilizados serão provenientes do biobanco de dentes da FOU SP, doados para fins de pesquisa. Os riscos para os pacientes foram inerentes ao procedimento de exodontia prévia, sendo que esses dentes foram extraídos por motivo independente deste estudo.

Benefícios: Os resultados deste estudo e as análises, permitirão aprimorar o conhecimento das técnicas restauradoras, incremental e bulk fill, e conhecer as vantagens da utilização de cada uma, melhorando desta forma os resultados clínicos ao obter restaurações de maior longevidade.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem estruturada, com metodologia pertinente e bibliografia atualizada, devendo trazer resultados expressivos para a área de conhecimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Carta do Biobanco da FOU SP - Divisão de Dentes Humanos.

Projeto Detalhado. Folha de Rosto. Informações Básicas do Projeto.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOU SP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	19/12/2017		Acelto

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900
UF: SP Município: SÃO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepto@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.485.308

Básicas do Projeto	ETO_1053307.pdf	15:41:37		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CarolinaPardoDiaz.docx	19/12/2017 15:03:26	Carolina Alejandra Pardo Díaz	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	biobanco.pdf	19/12/2017 14:42:48	Carolina Alejandra Pardo Díaz	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostro.pdf	19/12/2017 14:42:23	Carolina Alejandra Pardo Díaz	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 05 de Fevereiro de 2018

Assinado por:
Maria Gabriela Haye Blazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** ceplo@usp.br

ANEXO B – Número de Bolhas

Gráfico de Box-plot apresentando a distribuição dos dados em quartis referentes à número de bolhas detectadas nas restaurações avaliadas.

ANEXO C – Porcentagem de Espaços

Gráfico de Box-plot apresentando a distribuição dos dados em quartis referentes à porcentagem de espaços presentes nas restaurações avaliadas.