

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM DENTÍSTICA

ELISA DO CARMO AGOSTINI BALBINOT

**EFEITO DA TÉCNICA DE INSERÇÃO SOBRE A CONTRAÇÃO DE
POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS: UM ESTUDO COM
MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

CURITIBA

2012

ELISA DO CARMO AGOSTINI BALBINOT

**EFEITO DA TÉCNICA DE INSERÇÃO SOBRE A CONTRAÇÃO DE
POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS: UM ESTUDO COM
MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Vieira

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Soares Jr.

CURITIBA

2012

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

B172e 2012	<p>Balbinot, Elisa do Carmo Agostini</p> <p>Efeito da técnica de inserção sobre a contração de polimerização de resinas compostas : um estudo com microtomografia computadorizada / Elisa do Carmo Agostini Balbinot ; orientador, Sérgio Vieira ; co-orientador, Paulo Cesar Soares Jr. – 2012. 118 f. : il. ; 30 cm</p> <p>Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012 Inclui bibliografias Texto em português e inglês</p> <p>1. Resina compostas. 2. Polimerização. 3. Microtomografia por raio-X. 4. Odontologia. I. Vieira, Sérgio Roberto. II. Soares Junior, Paulo César. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.</p> <p>CDD 20. ed. – 617.6</p>
---------------	---



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

TERMO DE APROVAÇÃO

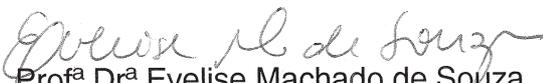
ELISA DO CARMO AGOSTINI BALBINOT

EFEITO DA TÉCNICA DE INSERÇÃO SOBRE A CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS: UM ESTUDO COM MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração em Dentística.

Orientador (a):


Prof. Dr. Sérgio Vieira
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR


Prof.ª Dr.ª Evelise Machado de Souza
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR


Prof.ª Dr.ª Stella Kossatz Pereira
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UEPG

Curitiba, 05 Novembro de 2012.

Dedicatória

Ao meu pai, Edemar e minha mãe, Terezinha. Que sempre primaram por nossa educação e nunca mediram esforços. Por vocês e para vocês.

Agradecimentos

Aos meus colegas de turma, especialmente ao Charles, minha dupla talentosíssima e amigo pra vida; Plínio e Adriana, sempre presentes e amigos.

Professores da pós-graduação: Rodrigo, Rui, Janaína e Danilo; cada um, de alguma forma, contribuiu muito para que esta etapa fosse concluída.

Professora Evelise,

Professor Edvaldo Rosa, que admiro e muito acrescentou, agregando nessa conclusão.

Professor Sergio Ignácio, sem o qual este trabalho não pareceria tão facilmente compreensível, estatisticamente falando.

Professor Paulo Soares, co-orientador deste trabalho, claro e objetivo em suas colocações, colaborando para melhores resultados.

Meu orientador, professor Sérgio, que esteve presente, disponível e ao meu lado neste trajeto.

Aos funcionários da PUCPR, que viabilizaram a realização dos seminários e casos clínicos, sempre colaborando para a melhor prática.

A Clarice e equipe do LAMIR, receptivos, dispostos e prestativos no uso das suas instalações.

Meus pais! A quem nem palavras tenho a destinar, tamanho meu amor.

Meu irmão Caio, que ama a Odontologia como poucos, inspira quem o vê trabalhando e falando sobre o assunto, que se torna leve e agradável, como ele.

Minha irmã Rache, que está presente mesmo ausente, sempre! Seu amor à pesquisa e leitura poderiam mover o mundo.

Meu marido Emerson, que dedicou tempo para ficar com nosso tesouro maior, meu filho Bento; que aguentou momentos de preocupação ao meu lado; que me incentivou a entrar no mundo acadêmico; que eu amo.

Meu filho Bento, que deixava os dias mais leves com o sorriso mais lindo do mundo.

SUMÁRIO

1. ARTIGO EM PORTUGUÊS

Página Título.....	7
Resumo.....	9
Introdução.....	11
Material e Método.....	14
Resultados.....	21
Discussão.....	22
Conclusão.....	30
Referências.....	31

ARTIGO EM INGLÊS

Title page.....	36
Abstract.....	37
Introduction.....	38
Methods.....	41
Results.....	48
Discussion.....	49
Conclusion.....	56
References.....	57

ANEXOS

Anexo 1 – Documentos.....	64
Anexo 2 – Material e Método Completo.....	69
Anexo 3 – Análise Estatística.....	83
Anexo 4 – Resumo dos Artigos da Discussão.....	94
Anexo 5 – Normas para Publicação na Revista Journal of Dentistry.....	114

ARTIGO EM PORTUGUÊS**PÁGINA TÍTULO****EFEITO DA TÉCNICA DE INSERÇÃO SOBRE A CONTRAÇÃO DE
POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS: UM ESTUDO COM
MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA****Título curto: CONTRAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS
UTILIZANDO μ CT**

Balbinot ECA^a, Souza EM^b, Rached RN^c, Mazur RF³, Soares Jr. PC^d, Vieira SR^e

^aAluna de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

^bProfessor Adjunto 1, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

^cProfessor Assistente 1, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

^dProfessor Adjunto 2 do Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

^eProfessor Titular, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Endereço de correspondência do Autor:

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná –
Brasil

FONE: +55 (41) 3271-1637 FAX: +55 (41) 3271-1405

Palavras-chave: contração de polimerização, silorano, metacrilato, técnica de inserção, fotopolimerização, microtomografia computadorizada.

RESUMO

Objetivos: O objetivo deste estudo foi avaliar por meio de microtomografia computadorizada a contração de polimerização de duas resinas compostas de diferentes composições: uma convencional nanoparticulada à base de metacrilato - Filtek Z350 XT (FZ) e outra de baixa contração microhíbrida à base de silorano - Filtek P90 (FP), utilizando duas técnicas de inserção: incremento único (1) e três incrementos (3).

Métodos: Trinta e dois espécimes foram divididos em 4 grupos (FZ/1, FZ/3, FP/1, FP/3 e n=8) com preparos cavitários padronizados em 5 mm de diâmetro por 1,5 mm de profundidade e restaurados utilizando técnicas de incremento único e 3 incrementos, com duas resinas compostas. Utilizou-se um microtomógrafo computadorizado para obter imagens do baseline e do pós-polimerização. O equipamento mediu os volumes das restaurações em mm³ com resolução de 10µm e a diferença entre os períodos foi convertida em valor percentual. Os dados foram analisados pelos testes de Shapiro-Wilk, ANOVA, Levene e de Games-Howell, com $\alpha=5\%$.

Resultados: Os valores médios de contração percentual exibidos nos grupos foram: FZ/1: 2,22^a; FZ/3: 1,35^{ab}; FP/1: 1,67^a; FP/3: 0,86^b.

Conclusões: A resina composta com matriz à base de silorano apresentou menor contração de polimerização quando comparada à resina composta a base de metacrilato somente quando a técnica incremental foi utilizada.

Significância clínica: Este estudo contribui para o clínico considerar a escolha da resina composta e do método de inserção como fundamentais para o sucesso do

procedimento restaurador, pois a composição e o método afetam a contração de polimerização.

INTRODUÇÃO

A fotopolimerização de resinas compostas diretas é acompanhada por uma contração volumétrica que pode chegar a 5% [1]. Mesmo com as melhorias alcançadas nas propriedades das resinas compostas, a contração de polimerização e, conseqüentemente, estresse transferido ao elemento dental restaurado ainda provocam inconvenientes, como fendas marginais, microinfiltração, sensibilidade pós-operatória, pigmentações e cáries secundárias [2, 3, 4]. Acredita-se que nas restaurações adesivas, as forças geradas pelo rearranjo molecular decorrente da contração de polimerização transmitem estresse para a interface dente-restauração e podem ser responsáveis por falhas na adesão, deflexão de cúspide e provável enfraquecimento da estrutura dental [5]. As tensões geradas pela contração de polimerização têm sido relacionadas à contração volumétrica, capacidade de escoamento [6] e módulo de elasticidade das resinas compostas [6, 7]. Além disso, a geometria da cavidade [5, 8], tipo e velocidade de polimerização [9], densidade de energia [10], técnica de inserção [4] e a formulação do compósito [11] também podem exercer efeito sobre a incidência de estresse durante a polimerização.

O uso da microtomografia mostra-se promissor na pesquisa atual, pois tem vantagens sobre os métodos até então utilizados para avaliar contração de resinas compostas: Arquimedes, dilatômetro de mercúrio, discos aderidos, contração linear livre, correlação de imagem digital e penetração de corante [12, 13, 14]. A manutenção da integridade dos espécimes (método não-destrutivo) [13, 15, 16, 17, 18] é uma das grandes vantagens da microtomografia computadorizada em pesquisa, pois não ocorre dano, fratura ou perda de estrutura do espécime, viabilizando seu uso em outros testes. Por meio desse método, pode-se fazer uma avaliação da contração em “fatias” dentro do espécime, uma vez que a contração

sofre variações no sentido longitudinal. Se as áreas escolhidas forem áreas onde ocorreu menor ou maior contração, pode-se generalizar um resultado impreciso [15]. A visualização de todo o espécime e possibilidade de avaliá-la no todo conferem mais credibilidade ao resultado. O microtomógrafo também proporciona a visualização interna do material, excluindo eventuais bolhas da medição final do compósito analisado. Esses espaços são considerados “poros”, trazendo um valor de massa resinosa medido mais próximo do realmente testado [13].

A composição das resinas compostas tem sido modificada constantemente [19, 20]. Porém, a grande maioria consiste de partículas de carga compostas por vidro ou quartzo silanizados embebidas em uma matriz resinosa orgânica de metacrilatos, que é a maior responsável pela contração de polimerização, contribuindo para a formação de estresse na interface adesiva da restauração [12]. Monômeros como o Bis-GMA e o TEGDMA exibem valores isolados de contração de 5,2% e 12,5%, os quais são reduzidos a 2 e 6% nas resinas compostas devido à presença de partículas de carga [21]. Na tentativa de se obter uma redução na contração de polimerização dos compósitos, diversas alterações foram feitas na sua porção inorgânica, aumentando a quantidade de partículas de carga, porém parece existir um limite até onde isso possa ser realizado. Mudanças atuais estão sendo realizadas na matriz resinosa, na tentativa de se conseguir uma menor contração de polimerização dos compósitos [20].

O material introduzido no mercado em 2007 pela 3M, Filtek™ P90 (3M - ESPE, St Paul, MN, USA), desde então vem sendo pesquisado por anunciar sofrer contração de 0,9%, valor encontrado com realização do teste dos discos aderidos, 1% com teste de Arquimedes e 0,66% com Accuvol [22]. Este material tem sua principal modificação, em relação aos materiais progressos, a utilização de

silorano como monômero, que é baseada em uma nova estrutura química de “anel aberto”. O nome Silorano, é derivado do nome de suas moléculas constituintes. Enquanto o siloxano proporciona uma natureza altamente hidrofóbica ao compósito, o grupo funcional cicloalifático oxirano é responsável pela menor contração. Os oxiranos são éteres cíclicos e polimerizam por um mecanismo de abertura catiônica do anel, enquanto os metacrilatos polimerizam por meio de um mecanismo de radicais livres [22], resultando em menor mudança de volume [23].

O objetivo deste estudo foi avaliar por meio de microtomografia computadorizada a contração de polimerização de uma resina composta à base de metacrilato e uma à base de silorano, utilizando duas técnicas de inserção cavitária: incremento único e múltiplos incrementos. A hipótese nula testada foi que não haveria diferença na contração de polimerização dos compósitos e também entre as técnicas de inserção.

MATERIAL E MÉTODO

Trinta e dois terceiros molares humanos extraídos e sadios foram obtidos a partir do Banco de Dentes da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com parecer número 0004978/11. Os dentes foram armazenados em cloramina T 0,5% a 4°C durante toda a fase de preparo.

As raízes dos dentes foram incluídas em resina acrílica autopolimerizável incolor (JET Clássico, São Paulo, SP), delimitada por um cilindro de PVC com 2 cm de diâmetro e 1,8 cm de altura. Uma porção de alginato (Jeltrate®, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) foi aplicada no ápice dos elementos dentários, previamente à inclusão em resina acrílica, com a finalidade de facilitar a remoção posterior. Desta forma os ápices foram mantidos imersos em água destilada durante a aquisição das imagens tomográficas, para manter sua hidratação. Preparos cavitários foram confeccionados na porção coronária de todos os dentes com uma fresadora convencional (INTOS, modelo FNGJ 32, Ontario, Canadá) com controle de medidas milesimal, que planificou a superfície dental. Assim que a dentina foi exposta, uma fresa de aço rápido com quatro arestas de corte (OSG, Bragança Paulista, SP, Brasil) de 5 mm de diâmetro foi utilizada para fazer o aprofundamento de 1,5 mm, perpendicularmente ao desgaste oclusal. A utilização da fresadora, além de proporcionar paralelismo, promoveu ótimo acabamento em dentina. Durante todo o procedimento, o dente permaneceu sob constante hidratação por meio do forame apical e irrigação na superfície de corte com água destilada.

As resinas compostas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Compósito	Lote	Cor	Matriz Resinosa	Partículas de carga/ % peso/volume	Fabricante
Filtek P90	1118600145	A2	Silorano	Microhíbrida Quartzo e Fluoreto de ítreo (0,01 – 3,5µm; média: 0,47µm) – 76%	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Filtek Z350 XT	1105400314	A2	UDMA, TEGDMA, BIS-EMA e BisGMA	Nanoparticulada Sílica (20nm) / Zircônia e Sílica (4-11nm) – 78,5%	3M ESPE, St Paul, MN, USA

Os dentes preparados foram, então, divididos aleatoriamente em quatro grupos com oito dentes cada. Metade dos espécimes de cada resina composta foi restaurada em incremento único e a outra metade, em três incrementos.

O procedimento da inserção da resina composta nos espécimes ocorreu em sala com restrição à entrada de luz natural e com luzes apagadas, para que não houvesse polimerização do compósito.

Os preparos cavitários foram secos com papel absorvente, preenchidos com a resina composta em incremento único ou em múltiplos incrementos até as superfícies oclusais, que foi adaptada às paredes cavitárias e colocada no suporte preparado com umidade apical, localizado no interior do microtomógrafo. O sistema de microtomografia de raios-X utilizado (SkyScan, modelo 1172, BRUKER-MICROCT, Kartuizersweg, Kontich, Bélgica), é conectado a um computador de controle e aquisição de dados (host) interligado em rede a um *cluster* de computadores utilizado na reconstrução das imagens.

Para realização deste estudo, voltagem de 72-85 kV e corrente de 118-137 µA, ambas configurações com regulagem automática. O tamanho da imagem do

exposição se deve às diferenças entre as resinas compostas. No momento das tomografias, para que houvesse separação nítida de fases (tons de cinza), o tempo foi modificado e adequado ao espécime. As diferenças nestes tempos não alteram outras configurações do microtomógrafo, ou seja, as medidas do baseline e pós-polimerização permaneceram confiáveis em relação ao tamanho e à nitidez.

Os grupos de espécimes que tiveram as resinas compostas avaliadas com inserção em incremento único (FZ/1 e FP/1) tiveram o baseline (imagens iniciais) registrado por tomografias do incremento inserido no preparo cavitário sem fotoativação. Após a aquisição destas imagens, que aconteceram aproximadamente no período de 35 minutos cada, o microtomógrafo foi aberto e a polimerização da resina composta foi realizada por 20 seg, próximo à superfície oclusal, com a ponteira do aparelho fotopolimerizador (Radii-cal, SDI, Bayswater, Victoria, Austrália), com irradiância de 1200 mW/cm², posicionado de forma paralela a esta superfície. Este controle foi feito de forma visual, pois não se poderia tocar no espécime para que ela permanecesse exatamente na mesma posição, para melhor avaliação dos resultados do baseline e pós-polimerização. Novas aquisições de imagens foram obtidas dos espécimes após a polimerização.

Nos grupos de resinas compostas inseridas com a técnica incremental (FZ/3 e FP/3), o baseline foi medido utilizando um incremento, inserindo toda a resina composta sem polimerização no preparo cavitário, para obtenção das imagens tomográficas da resina composta na sua totalidade. Após esta tomada de imagens, 2/3 da resina foram removidos da cavidade, e o 1/3 que permaneceu foi adaptado no interior da cavidade de forma oblíqua, da base na porção mesial até a borda da porção distal (figura 1/a e 1/b). A fotopolimerização deste primeiro incremento foi

adaptado à parede vestibular, preenchendo esta metade do preparo cavitário (figura 1/c e 1/d), e realizou-se a fotopolimerização deste incremento pelo mesmo tempo. O último incremento foi então inserido no preparo cavitário, preenchendo a metade lingual/palatina (figura 1/e e 1/f), com polimerização de 20 seg. Os espécimes voltaram para o microtomógrafo e novas aquisições tomográficas foram realizadas. Com esta manobra certifica-se que as quantidades de resina composta foram as mesmas no baseline e no pós-polimerização, sendo somente, divididas em incrementos para inserção na cavidade conforme recomendação para restaurações de dentes posteriores. A figura 1 representa a distribuição espacial dos três incrementos no preparo cavitário.

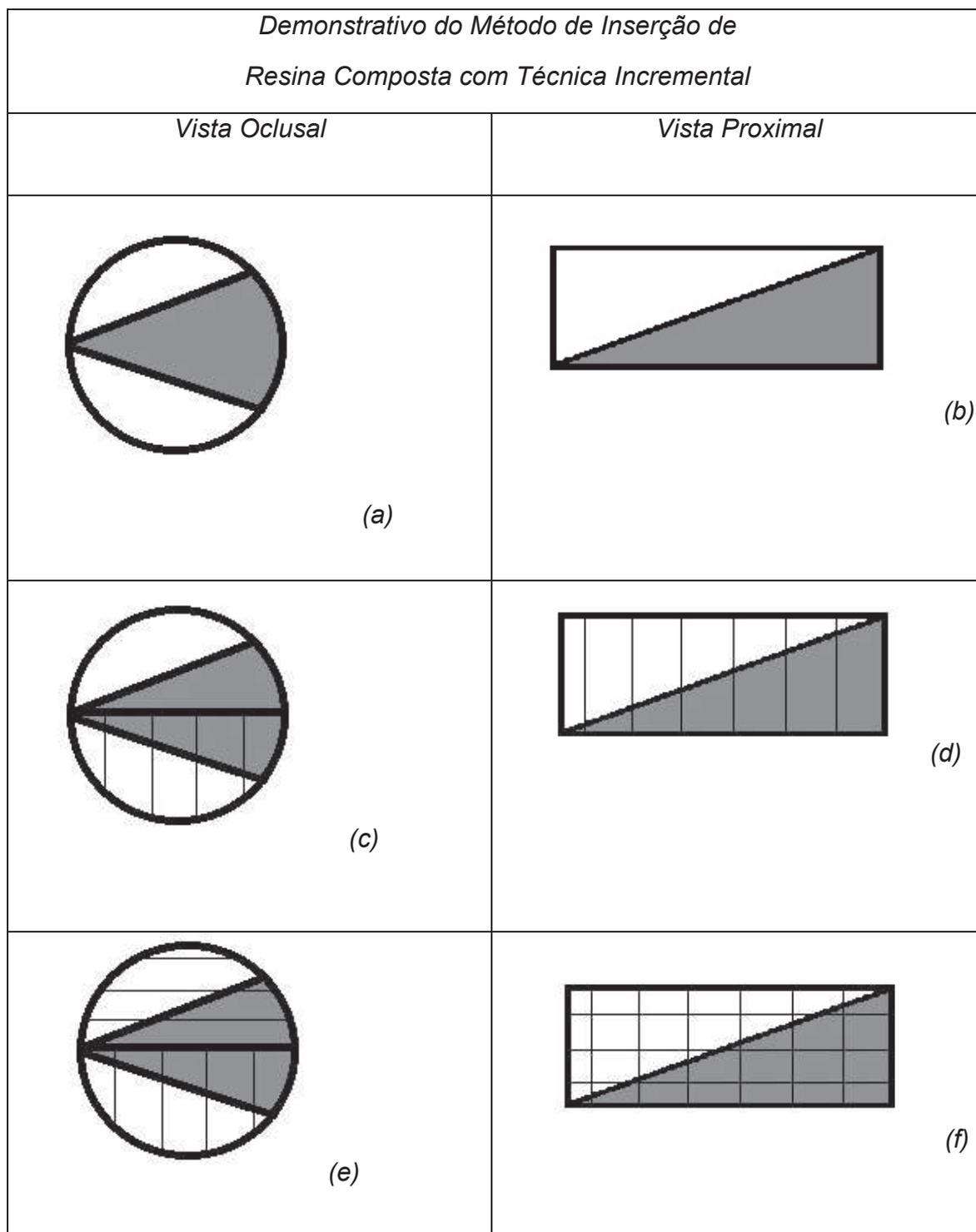


Figura 1 – Representação da colocação dos três incrementos de resina compostos nos espécimes de inserção múltipla para polimerização: (a) e (b) - vista oclusal e proximal da inserção do primeiro incremento da resina composta no preparo cavitário; (c) e (d) – vista oclusal e proximal da inserção do segundo incremento; (e) e (f) – vista oclusal e proximal da inserção do terceiro incremento; Legenda: Cor cinza: 1º incremento; linhas verticais: 2º incremento; linhas horizontais: 3º incremento;

Cada imagem foi inspecionada visualmente, reconstruída através de algoritmos computacionais no programa NRecon (versão 1.6.4.1) e então, pôde ser avaliada pelo programa CT Analyser (versão 1.11.5.1 + , 64bit), ambos do próprio microtomógrafo Skyscan. Cada espécime resultou em torno de 500 aquisições tomográficas (fotos): 250 no baseline e 250 no pós-polimerização.

Para cada espécime (baseline e pós-polimerização) foi utilizado o mesmo parâmetro para ajuste dos tons de cinza (*Threshold*). O *Threshold* é a definição de um limiar ótimo da imagem na diferenciação da resina composta em relação às áreas vazias (bolhas/fendas/falhas) e áreas adjacentes, neste caso, dentina. A variação deste limiar foi de 50 a 255 tons de cinza e é relacionada a fatores intrínsecos do equipamento e ajuste de melhor condição de diferenciação da resina em relação à dentina, mas este ajuste não afetou a medição volumétrica. A seleção da área de interesse foi feita com base no baseline, medindo arestas para confirmação de distâncias, para que a área de seleção do espécime pós-polimerização fosse a mesma.

O valor percentual de contração da resina composta avaliada em cada espécime foi obtido da seguinte forma:

Exemplo: Amostra Filtek Z350 – Incremento Único: quantificação da resina composta no baseline foi igual a 50,11179mm³. A quantificação da resina composta no período pós-polimerização foi de 48,85878mm³. A diferença entre estes valores obtidos em mm³, neste exemplo, 1,25301, foi transformada em valor percentual em relação ao valor do baseline: 2,500042954%. Cada espécime teve um valor percentual e estes foram trabalhados na análise estatística.

Os dados obtidos em termos de contração volumétrica foram analisados estatisticamente utilizando o Programa SPSS 18.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Como o $n=8$, foi feito teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal de dados para cada um dos 4 grupos. Então, os resultados foram submetidos a teste de ANOVA a dois critérios (paramétrico), onde verificou-se diferença significativa entre os fatores “resina” e “técnica”, mas sem interação entre eles. Para avaliar se a variável Percentagem de Contração apresentou variância homogênea, realizou-se teste de Levene. Com a variância heterogênea confirmada, foi realizado teste de Games-Howell, com nível de significância de 5%, para realização de comparações múltiplas paramétricas.

RESULTADOS

Tabela 2 – Valores percentuais médios de contração de polimerização com a relação de significância entre resinas e métodos de inserção.

	Média Percentual	Desvio Padrão
Filtek Z350/ 1 incremento	2,2281 ^a	0,4331
Filtek P90/ 1 incremento	1,6766 ^a	0,3495
Filtek Z350/ 3 incrementos	1,3523 ^{a'b}	0,7733
Filtek P90/ 3 incrementos	0,8632 ^b	0,5959

Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os dois tratamentos.

Conforme análise estatística, verifica-se que houve diferença da resina composta à base de silorano quando inserida em incrementos ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos (resinas compostas / técnicas de inserção).

DISCUSSÃO

As resinas compostas têm um lugar de destaque na Odontologia Restauradora direta em função do restabelecimento da função, estética e manutenção de remanescentes dentais. No entanto, algumas limitações ligadas à composição dos materiais, dificuldades técnicas e operacionais continuam presentes. Dentre os problemas que dificultam a longevidade das restaurações, a contração de polimerização ocupa lugar de destaque, posto que todo o material resinoso contrai no processo de polimerização. A magnitude da contração de polimerização depende da metodologia usada para medi-la e também da variação entre operadores [14].

A microtomografia computadorizada é um método relativamente novo na pesquisa médica e biológica. Em 1990, este método começou a ser avaliado e conhecido na observação de pequenos corpos [29]. Na Odontologia, esta metodologia é mais recente, 1999, e foi utilizada em estudos de Endodontia, reproduzindo forma e tamanho de canais radiculares [30]. A partir de então, as diversas áreas da Odontologia vêm utilizando a microtomografia computadorizada como metodologia e, recentemente, a área de materiais dentários [13, 15, 16]. Para comprovar sua viabilidade e confiabilidade, pesquisadores utilizaram compósitos comerciais e experimentais em que foram acrescentadas partículas de carga de tamanho maior que as normalmente encontradas no compósito, para determinação da direção dos vetores de contração por meio de imagens tomográficas [13, 17, 18]. Sun e Gibson [13] confirmaram a confiabilidade do método para compósitos comerciais, corroborando a viabilidade da técnica de utilização de microtomografia na pesquisa da contração de polimerização. Estudos afirmam se tratar de método

procedimento, podendo as mesmas serem utilizadas em testes futuros [15, 16, 17, 18]. Os métodos utilizados até então, destroíam ou alteravam o espécime para que se pudesse fazer a avaliação da contração de polimerização, inviabilizando o uso da mesma amostra para outros testes. Além disso, são métodos que simplesmente afirmam se houve ou não a contração do material analisado, sem poder quantificar exatamente este valor ou saber onde ela ocorre. Alguns métodos utilizados nessa avaliação são expostos a seguir.

Arquimedes: flutuabilidade de um material no fluido – é um método de ensaio bastante estabelecido que pode ser usado para medir alterações dimensionais volumétricas por medição das variações de densidade; este princípio estabelece que um corpo imerso num fluido é impulsionado por uma força igual ao peso da dispersão fluido; a densidade relativa, o peso por unidade de volume do corpo em comparação com a do fluido é o que determina a força de empuxo[14]. Diferentemente do método de microtomografia computadorizada, o método de Arquimedes afirma se houve contração no material avaliado, mas não possibilita quantificá-lo com precisão ou afirmar onde essa diminuição de volume ocorreu.

Sistemas de Medições Coordenadas: seu principal objetivo é a obtenção de coordenadas cartesianas em pontos sobre uma superfície sólida [14]. É composta por quatro partes rígidas interligadas, três de base móvel e uma fixa. Nesta metodologia, o objeto a ser medido é colocado sobre uma mesa de granito, é fixo e o operador desloca cada uma das três partes móveis ao longo dos três eixos usando um joystick na seguinte seqüência: eixo OX, eixos OY e eixo OZ. Então uma sonda de rubi toca em um ponto específico sobre o objeto. Cada parte da máquina tem um guia interno, de modo que a relação entre os eixos permite a

processados em um sistema computadorizado para fornecer medidas geométricas e dimensionais de qualquer tipo de objeto com alta precisão [31]. Da mesma forma a microtomografia permite esta visualização pontual, porém ainda fornece informações do todo do espécime, podendo “percorrer” o interior da amostra para análise de estrutura.

A metodologia de avaliação de contração de polimerização através de imagens de vídeo mostra que seus resultados são compatíveis com o método do dilatômetro de mercúrio [32]. As imagens de vídeo avaliando resinas compostas são feitas após o compósito estar “acomodado” em uma superfície plana, quando será fotopolimerizado. Todo o processo é filmado por instrumentos adequados posicionados em locais próximos aos espécimes que possam registrar a redução do volume através da alteração do local antes e depois da fotopolimerização do compósito. O dilatômetro de mercúrio também é utilizado para medir a contração volumétrica [33], e como o método de vídeo-imagem, permite a afirmação e uma estimativa do valor tridimensional desta contração, mas sem possibilidade de visualização sobre onde ela pode ter ocorrido.

O método dos discos aderidos é bastante utilizado na pesquisa de contração de compósitos, assim como o “strain gage”. Marchesi *et al* afirmam que as condições de contorno ou restrições sobre os espécimes são fatores dominantes quando se considera tração de polimerização de compósitos. Na sua pesquisa, consideraram o “strain gage” como o “outlier” do estudo, em função de suas medições indiretas e da constrição do compósito [33]. Também relatam a relação entre a contração linear e a volumétrica, que é uma estimativa de elevação à terceira potência. Com a utilização da microtomografia computadorizada, não é

aderidos), avalia-se o material após a binarização da imagem, sem ter que realizar estimativa por cálculo matemático, não há contato com líquidos que possam alterar a característica do compósito e pode-se visualizar o espécime no seu interior, constatando sua regularidade, inerente a cada material.

Com relação às partículas de carga, as resinas compostas avaliadas têm a relação percentual peso/volume semelhantes. A Filtek Z350 é um compósito nanoparticulado e sua polimerização é feita através do mecanismo de radicais livres e formação de cadeia polimérica por ligações covalentes, que neste entrelaçamento, acarretam em redução de espaço entre as moléculas, resultando em maior contração de polimerização [34]. A Filtek P90 com partículas de carga microhíbridas, quartzo e fluoreto de ítreo radiopaco, tem sua polimerização feita pela dinâmica dos “anéis abertos”, mencionado anteriormente [22]. Levando em consideração as partículas de carga dos compósitos avaliados, pode-se sugerir que a matriz orgânica seja a responsável pela menor contração de polimerização, e estatisticamente significativa, quando inserida em incrementos nos preparos cavitários.

A maior parte dos estudos investigou a contração volumétrica com inserção de resina composta em incremento único [13, 14, 15, 16, 18, 25]. Porém, a inserção de compósitos pela técnica incremental proporciona menor contração de polimerização pelo material e, conseqüentemente, menor estresse de contração, levando a menor deflexão de cúspide [23, 26, 27]. Neste estudo, avaliando somente a técnica de inserção, independente do compósito, observou-se resultados com menores valores de contração de polimerização para técnica de inserção em três incrementos do que incremento único. Porém, quando se comparam as técnicas de

técnica incremental e inserção em incremento único para a resina composta Filtek Z350. A técnica incremental não acarretou em menor contração do que a técnica de inserção em incremento único para a Filtek Z350, somente para a Filtek P90.

De modo geral, pode-se dizer que a resina Filtek P90 teve seus valores de contração volumétrica menores do que a Filtek Z350 XT, independente da técnica de inserção no preparo cavitário, corroborando com outros estudos [14, 21, 23, 25, 27, 28]. Porém, houve uma redução significativa na técnica incremental para essa resina.

O diferencial estabelecido é em relação à interação dos fatores da pesquisa, que não se mostrou estatisticamente significativa. A resina composta convencional a base de metacrilato quando foi inserida em três incrementos teve sua contração volumétrica equivalente à inserção em incremento único e em três incrementos da resina composta a base de silorano. Os valores de contração de polimerização obtidos neste estudo permitem uma avaliação estatística de significância entre a Filtek Z350 nas duas formas de inserção com a Filtek P90 inserida em incremento único.

As imagens obtidas a partir da microtomografia diferem quando se analisam as duas resinas. A resina composta a base de metacrilato se mostrou mais homogênea e com melhor adaptação na cavidade, não apresentando bolhas em seu interior. Já, a resina composta a base de silorano se mostrou mais irregular e com muitas bolhas incorporadas no seu interior. A capacidade de escoamento das resinas compostas é diferente, o que se refletiu em falhas na adaptação da resina Filtek P90 aos ângulos internos do preparo cavitário. Papadogiannis *et al* [21]

relataram melhor adaptação deste compósito as paredes cavitárias, mas com maior quantidade de bolhas e defeitos no corpo da restauração.

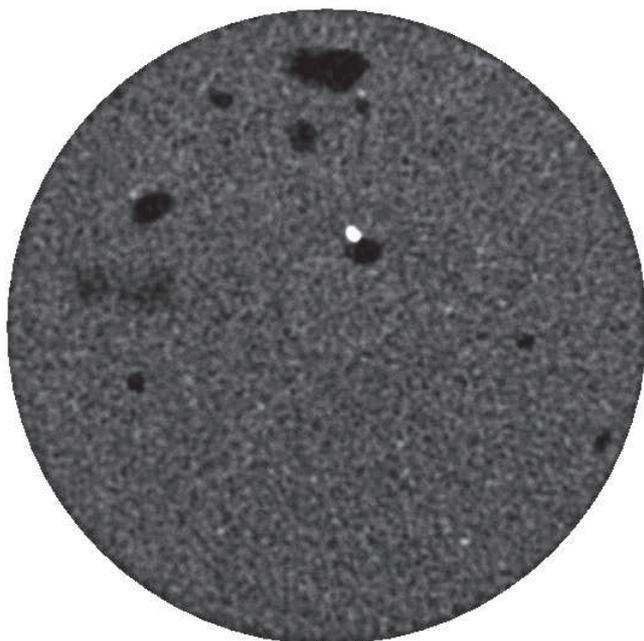


Figura 2 – corte bidimensional de área selecionada para avaliação da resina composta Filtek P90 – áreas radiolúcidas são bolhas no interior do compósito; áreas radiopacas são partículas de fluoreto de ítreo.



Figura 3 – corte bidimensional de área selecionada para avaliação da resina composta Filtek Z350 – homogeneidade do compósito.

Como foi constatado neste trabalho, a utilização da microtomografia proporciona a avaliação do material somente, excluindo as bolhas do volume total da resina composta [13, 15, 21] por meio da diferenciação de fases de cinza (definição do *Threshold*). A visualização de bolhas em quantidade considerável em

todos os espécimes da resina composta de baixa contração trouxe a tona uma questão: este material realmente contrai menos do que uma resina convencional a base de metacrilato ou a quantidade de bolhas em seu interior poderia estar afetando a medição deste volume? A verificação desta situação pode sugerir que a quantidade de resina à base de silorano sempre é menor em quantidade quando comparada ao mesmo espaço ocupado por resina à base de metacrilato, em função dos espaços gerados pelas bolhas incorporadas a este material. Esta situação poderia afetar o valor de contração volumétrica, por ser menos material para sofrer contração.

Neste estudo, o fator-C foi favorável, por ser cavidade circular e com 1,5mm de profundidade. Os elementos dentários utilizados não ofereceram profundidade além da estipulada, por ocorrência de exposição do espaço pulpar, por serem terceiros molares inclusos, e a falta de função mastigatória acarretou em baixa espessura dentinária.

Nestas condições, os resultados obtidos permitem sugerir que o método de inserção seja responsável pela diminuição da contração de polimerização das resinas à base de silorano.

CONCLUSÕES

Com as limitações deste estudo, pode-se concluir que a resina composta com matriz à base de silorano apresentou menor contração de polimerização quando comparada à resina composta à base de metacrilato somente quando a técnica incremental foi utilizada. A técnica incremental não acarretou em menor contração de polimerização para a resina composta à base de metacrilato.

REFERÊNCIAS

1. Ferracane, JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials* 2005; **21**: 36-42.
2. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dental Materials* 2010; **26**: 947-53.
3. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stresses. *Journal of Dental Research* 1984; **63**:1396-9.
4. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Operative Dentistry* 1996; **21**:17-24.
5. Park WP, Ferracane JL. Measuring the residual stress in dental composites using a ring slitting method. *Dental Materials* 2005; **21**:882-9.
6. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of class V resin composite restorations affected by increased flexibility. *Journal of Dental Research* 1990; **69**:1240-3.
7. Prati C. Early marginal microleakage in class II resin composite restorations. *Dental Materials* 1989; **5**:392-8.

8. Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB. Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. *American Journal of Dentistry* 1997; **10**:88-96.
9. Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of light-cure resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *American Journal of Dentistry* 1998; **11**: 17-22.
10. Torno V, Soares P, Martin JM, Mazur RF, Souza EM, Vieira S. Effects of irradiance, wavelength, and thermal emission of different light curing units on the Knoop and Vickers hardness of a composite resin. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials* 2008; **85**:166-71.
11. Price RBT, Felix CA, Andreou P. Effects of resin composite composition and irradiation distance on the performance of curing lights. *Biomaterials* 2004; **25**:4465-77.
12. Navarra CO, Cadenaro M, Armstrong SR, Jessop J, Antonioli F, Sergio V, Di Lenarda R, Breschi L. Degree of Filtek Silorane Adhesive System and Clearfill SE Bond within the Hybrid and Adhesive Layer: An *in situ* Raman Analysis. *Dental Materials* 2009; **25**: 1178-85.
13. Sun J, Lin-Gibson S. X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. *Dental Materials* 2008; **24**: 228-34.

14. Monteiro GQ, Montes MA, Rolim Tv, Mota CC, Kyotoku BB, Gomes AS, Freitas AZ. Alternative methods for determining shrinkage in restorative composites. *Dental Materials* 2012; **27**: 2176-85.
15. Zeiger DN, Sun J, Schumacher GE, Lin-Gibson S. Evaluation of dental composite shrinkage and leakage in extracted teeth using X-ray microcomputed tomography. *Dental Materials* 2009; **25**: 1213-20.
16. Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S. 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. *Dental Materials* 2009; **25**: 314–20.
17. Chianga Y, Röschb P, Dabanoglua A, Linc C, Hickel R, Kunzelmann K. Polymerization composite shrinkage evaluation with 3D deformation analysis from μ CT images. *Dental Materials* 2010; **26**: 223–31.
18. Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. *Dental Materials* 2012; **27**: 1070-8.
19. Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. US patent No. 3.066.112,1962.
20. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. *Dental Materials* 2011; **27**:29-38.
21. Papadogiannis D, Kakaboura A, Palaghias G, Eliades G. Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites.

22.3M ESPE Filtek Silorane Technical Profile – Filtek P90
<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver>

23. Van Ende A, De Munck J, Mime A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dental Materials* 2010; **26**:215-22.

24. Shimamura Y, Murayama R, Kurokawa H, Miyazaki M, Mihata Y, Kmaguchi S. Influence of tooth-surface hydration conditions on optical coherence-tomography imaging. *Journal of Dentistry* 2011; **39**: 572-7.

25. Lee I, Min S, Seo D. A new method to measure the polymerization shrinkage kinetics of composites using a particle tracking method with computer vision. *Dental Materials* 2012; **24**: 212–18.

26. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee I. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dental Materials* 2008; **24**: 1501–5.

27. Badrawy W, Jafarpour S, Jazi HS, McComb D. Effect of Composite Insertion Technique on Cuspal Deflection Using an In Vitro Simulation Model. *Operative Dentistry* 2012; **37**: 299-305.

28. Naoum S, Ellakwa A, Leah M, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *Journal of Dentistry* 2012; **40**: 64-70.

29. Morton EJ, Webb S, Bateman JE, Clarke LJ, Shelton CG. Three-dimensional x-ray microtomography for medical and biological applications.

30. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International Endodontic Journal* 1999; **32**: 165-70.
31. Seymour K, Zou L, Samarawickrama DY, Lynch E. Assessment of shoulder dimensions and angles of porcelain bonded to metal crown preparations. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1996; **75**: 406-11.
32. Sharp LJ, Choi IB, Lee TE, Sy A, Suh BI. Volumetric shrinkage of composites using video-imaging. *Journal of Dentistry* 2003; **31**: 97-103.
33. Sakaguchi RL, Wiltbank BD, Shah NC. Critical configuration analysis of four methods for measuring polymerization shrinkage strain of composites. *Dental Materials* 2004; **20**: 388-96.
34. Gonçalves F, Pfeifer CC, Stansbury JW, Newman SM, Braga RR. Influence of matrix composition on polymerization stress development of experimental composites. *Dental Materials* 2010; **26**: 697-703.

EFFECT OF THE INSERTION TECHNIQUE ON THE POLYMERIZATION SHRINKAGE OF COMPOSITE RESINS: A STUDY USING COMPUTED MICROTOMOGRAPHY

Short title: SHRINKAGE OF COMPOSITE RESINS USING μ CT

Balbinot ECA^a, Souza EM^b, Rached RN^c, Mazur RF^c, Soares Jr. PC^d, Vieira S^e

^aMaster's Student, Graduate Program in Odontology, Major in Dentistry, Pontifical Catholic University of Paraná (Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR), Curitiba, Paraná, Brazil.

^bAdjunct Professor 1, Graduate Program in Odontology, Major in Dentistry, PUCPR, Curitiba, Paraná, Brazil.

^cAssistant Professor 1, Graduate Program in Odontology, Major in Dentistry, PUCPR, Curitiba, Paraná, Brazil.

^dAdjunct Professor 2, Department of Mechanical Engineering, PUCPR, Curitiba, Paraná, Brazil.

^eFull Professor, Graduate Program in Odontology, Major in Dentistry, PUCPR, Curitiba, Paraná, Brazil.

Corresponding author:

s.vieira@pucpr.br

Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP: 80215-901 – Curitiba – Paraná – Brasil

TELEPHONE: +55 (41) 3271-1637 FAX: +55 (41) 3271-1405

Keywords: polymerization shrinkage, silorane, methacrylate, insertion technique, light curing, computed microtomography.

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to use computed microtomography to evaluate the polymerization shrinkage of two composite resins with different compositions, a conventional methacrylate-based nanoparticulate resin (Filtek Z350 XT (FZ)) and a low-shrinkage silorane-based microhybrid resin (Filtek P90 (FP)), using a single-increment insertion technique (1) or a 3-increment insertion technique (3).

Methods: Thirty-two specimens were divided into 4 groups (FZ/1, FZ/3, FP/1, FP/3 with n=8). The cavity preparations were standardized (5 mm in diameter and 1.5 mm in depth) and restored using single-increment and 3-increment techniques with 2 composite resins. Computed microtomography was used to obtain baseline and post-polymerization images. The equipment measured the restoration volume in mm³ with 10 µm resolution. The difference between the periods was converted to a percentage value. The data were analyzed using the Shapiro-Wilk test, an ANOVA, Levene's test, and the Games-Howell test, with $\alpha=5\%$.

Results: The mean values of the percentage shrinkage in the groups were as follows: FZ/1: 2.22^a; FZ/3: 1.35^{a,b}; FP/1: 1.67^a; and FP/3: 0.86^b.

Conclusions: The composite resin with a silorane-based matrix produced less polymerization shrinkage compared with the methacrylate-based composite resin only when the incremental technique was used.

Clinical significance: This study will encourage clinicians to consider the choice of the composite resin and the insertion method as fundamental factors in the success of restorative procedures because the composition and the method affect polymerization shrinkage.

INTRODUCTION

Light curing of direct composite resins is accompanied by volumetric shrinkage that can reach 5%.¹ Even with the improvements in the properties of composite resins, polymerization shrinkage and the resulting stress that is transferred to the restored tooth still cause problems, such as marginal gaps, micro-leakage, post-operative sensitivity, and secondary caries.²⁻⁴ In bonded restorations, the forces generated by the molecular rearrangement resulting from polymerization shrinkage are believed to transfer stress to the tooth-restoration interface and may be responsible for bonding failures, cuspal deflection, and weakening of the tooth structure.⁵ The strain generated by polymerization shrinkage has been related to volumetric shrinkage, flow capacity,⁶ and the elasticity modulus of composite resins.^{6,7} In addition, the shape of the cavity,^{5,8} the type and velocity of polymerization,⁹ the energy density,¹⁰ the insertion technique,⁴ and the formulation of the composite¹¹ may also have an effect on the incidence of stress during polymerization.

The use of microtomography shows promise in current research because it has advantages over other methods that have previously been used to evaluate shrinkage of composite resins: the Archimedes method, mercury dilatometer measurement, the bonded-disk technique, the free linear shrinkage method, digital image correlation, and dye penetration.¹²⁻¹⁴ Maintaining the integrity of the specimens (non-destructive method)^{13, 15-18} is one of the main advantages of computed microtomography in research. The structure of the specimen is not harmed, fractured, or lost, enabling the use of the samples in other tests. Using this method, the shrinkage in “slices” of the specimen can be evaluated because shrinkage varies longitudinally. If the chosen areas have greater or lesser shrinkage

than other areas, the results may lead to inaccurate generalizations.¹⁵ Being able to visualize the entire specimen and evaluate it as a whole makes the results more reliable. Microtomography also enables internal visualization of the material, excluding any bubbles in the final measurement of the composite. These areas are considered “pores”, thus leading to a more accurate measure of resinous mass.¹³

The composition of composite resins has been constantly modified.^{19, 20} However, the large majority of resins consist of filler particles composed of glass or silanized quartz embedded in an organic resinous matrix of methacrylates, which is mostly responsible for polymerization shrinkage and contributes to the formation of stress in the bonding interface of the restored tooth.¹² Monomers such as Bis-GMA and TEGDMA have isolated shrinkage values of 5.2% and 12.5%, respectively, which are reduced to 2% and 6%, respectively, in composite resins because of the presence of filler particles.²¹ In an attempt to reduce polymerization shrinkage in composites, several changes were made to their inorganic components, increasing the number of filler particles. However, there appears to be a limit to the extent to which these changes can be made. Changes are currently being made to the resinous matrix in an attempt to decrease polymerization shrinkage in composites.²⁰

The material introduced into the market in 2007 by 3M, Filtek™ P90 (3M - ESPE, St Paul, MN, USA), has since been studied. Researchers observed a 0.9% shrinkage rate using a bonded-disk test, a 1% rate with Archimedes' test, and a 0.66% rate with Accuvol.²² The main difference between this material and previous materials is the use of silorane as a monomer, which is based on a new ring-opening chemical structure. The name Silorane is derived from the names of its constituent molecules. While siloxane imparts a highly hydrophobic nature to the composite, the cycloaliphatic oxirane functional group is responsible decreasing the shrinkage rate.

The oxiranes are cyclic ethers that polymerize through a cationic ring-opening mechanism, whereas the methacrylates polymerize via a free radical mechanism,²² producing a smaller volume change.²³

The aim of this study was to use computed microtomography to evaluate the polymerization shrinkage of a silorane-based composite resin and a methacrylate-based composite resin using two cavity insertion techniques: a single-increment technique and a multiple-increment technique. The null hypothesis was that there was no difference in the polymerization shrinkage between the composites or between the insertion techniques.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-two extracted healthy human molars were obtained from the Teeth Bank at the Pontifical Catholic University of Paraná (Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR) after approval was obtained from the Research Ethics Committee (number 0004978/11). The teeth were stored in 0.5% chloramine T at 4°C during preparation.

The roots of the teeth were embedded in colorless self-curing acrylic resin (JET Clássico, São Paulo, SP) and bounded by a PVC cylinder 2 cm in diameter and 1.8 cm in height. A portion of alginate (Jeltrate®, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) was applied at the apices of the teeth before embedding them in the acrylic resin to facilitate later removal. The apices were immersed in distilled water to maintain hydration while the tomographic images were taken. Cavity preparations were made in the coronal portion of the teeth with a conventional milling machine (INTOS, model FNGJ 32, Ontario, Canada) with 0.001 precision, following the dental surface plane. Once the dentin was exposed, a fast steel mill with 4 cutting edges (OSG, Bragança Paulista, SP, Brazil) 5 mm in diameter was used to reach a depth of 1.5 mm perpendicular to the occlusal wear. In addition to providing parallelism, the mill provided a smooth finish to the dentin. Throughout the procedure, the tooth remained under constant hydration via the apical foramen and irrigation on the cut surface with distilled water.

The composite resins used are described in Table 1.

TABLES

Table 1: Composite resins used in this study

Composite	Batch no.	Color	Resinous Matrix	Filler particles/ % weight/volume	Manufacturer
Filtek P90	1118600145	A2	Silorane	Microhybrid Quartz and yttrium fluoride (0.01 – 3.5 μm ; mean: 0.47 μm) – 76%	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Filtek Z350 XT	1105400314	A2	UDMA, TEGDMA, BIS-EMA and BisGMA	Nanoparticulate Silica (20 nm)/Zirconia and silica (4-11 nm) – 78.5%	3M ESPE, St Paul, MN, USA

The prepared teeth were then randomly divided into 4 groups with 8 teeth in each group. Half of the specimens with each composite resin were restored in a single increment, and the other half were restored in 3 increments.

The insertion of the composite resin into the specimens occurred in a room with natural light restrictions with the lights off so that there was no composite polymerization.

The cavity preparations were dried with absorbent paper and filled with composite resin in single or multiple increments to the occlusal surfaces, which were adapted to the cavity walls and placed on the support prepared with apical moisture on the interior of the microtomography device. The X-ray microtomography system we used (SkyScan, model 1172, BRUKER-MICROCT, Kartuizersweg, Kontich, Belgium) is connected to a control and data-acquisition computer (the host) that is networked to a cluster of computers used for image reconstruction.

To conduct this study, a voltage of 72-85 kV and a current of 118-137 μA were used; both configurations were regulated automatically. The image pixel size was 10 μm , and the exposure time was 500-900 μs . The variation in the exposure times is

measurements were taken, the exposure time was individually selected for each specimen so that there was clear separation of the phases (grayscale). The differences in the times did not change other settings in the microtomography device (i.e., the baseline and post-polymerization measures remained reliable for size and sharpness).

The groups of specimens that had composite resin inserted in a single increment (FZ/1 and FP/1) had baseline values (initial images) recorded by tomography for the increment placed in the prepared cavity without light-activation. After acquiring these images (which occurred during a period of approximately 35 minutes for each sample), the microtomography device was opened and the composite resin was polymerized near the occlusal surface with the tip of the light-curing unit positioned parallel to the occlusal surface for 20 seconds (Radii-cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) with irradiance of 1200 mW/cm². This control procedure was performed visually because the specimen had to remain in the same position to better evaluate the baseline and post-polymerization results and thus could not be touched. New images were obtained from the specimens after polymerization.

In the groups of composite resins placed with the incremental technique (FZ/3 and FP/3), the baseline was measured using one increment, placing the entire composite resin with polymerization in the cavity to obtain tomographic images of the entire composite resin. After taking the images, 2/3 of the resin was removed from the cavity, and the 1/3 that remained was adjusted obliquely in the interior of the cavity from the base of the mesial portion to the edge of the distal portion (Figures 1/a and 1/b). The first increment was light-cured for 20 seconds. Next, the second increment was placed in the cavity and adjusted to the vestibular wall, filling half of

the cavity (Figures 1/c and 1/d). This increment was light-cured for the same amount of time. The last increment was then placed in the cavity, filling half of the lingual/palatal region (Figures 1/e and 1/f), and cured for 20 seconds. The specimens were returned to the microtomography device, and new tomographic images were taken. This procedure ensured that the amounts of composite resin were the same at the baseline and post-polymerization, but they were divided into increments for insertion into the cavity as recommended for restorations of posterior teeth. Figure 1 represents the spatial distribution of the 3 increments in the cavity preparation.

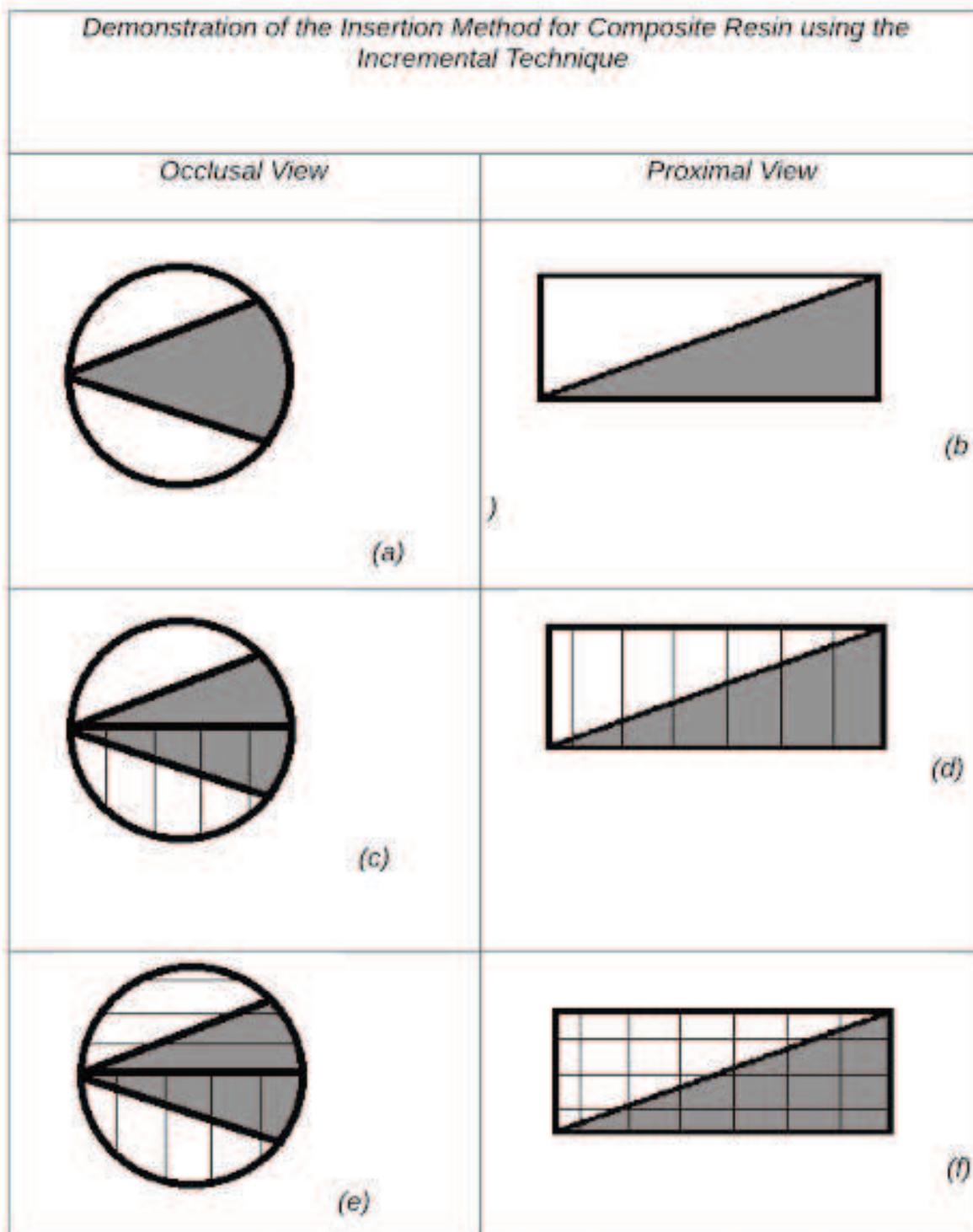


Figure 1 – Representation of the placement of the 3 increments of composite resin in the specimens with multiple insertion for polymerization: (a) and (b) – occlusal and proximal views of the insertion of the first increment of composite resin in the cavity; (c) and (d) – occlusal and proximal views of the insertion of the second increment; (e) and (f) – occlusal and proximal views of the insertion of the third increment; Legend: gray color: 1st increment; vertical lines: 2nd increment; horizontal lines: 3rd increment.

Each image was inspected visually and reconstructed using computational algorithms in NRecon software (version 1.6.4.1). Only then were the images evaluated using the CT Analyser program (version 1.11.5.1 + 64 bit). Both programs were included with the Skyscan microtomography device. Each specimen produced approximately 500 tomographic acquisitions (photos): 250 at baseline and 250 post-polymerization.

For each specimen (baseline and post-polymerization), the same parameter was used to adjust the grayscale (threshold). The threshold is the optimal threshold of the image for differentiating the composite resin from the empty areas (bubbles/gaps/breaks) and the adjacent areas (in this case, dentin). The threshold varied from 50 to 255 gray tones; the variation is related to the intrinsic factors of the device and to the best conditions for differentiating the resin from the dentin, but it does not affect the volumetric measurements. The area of interest was selected using the baseline, and the edges were measured to confirm distances so that the selected area in the post-polymerization specimen was the same.

The shrinkage percentage for the composite resin in each specimen was obtained as follows:

Example: Sample Filtek Z350 – Single Increment: The composite resin measured 50.11179 mm³ at baseline. In the post-polymerization period, the composite resin measured 48.85878 mm³. The difference between these values in mm³ (e.g., 1.25301 in this example) was transformed into a percentage value relative to the baseline value (2.500042954%). Each specimen had a percentage value, and these values were used in the statistical analysis.

The volumetric shrinkage data were analyzed statistically using SPSS Program 18.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Because n=8, the

Shapiro-Wilk test was performed to verify the normality of the data for each of the 4 groups. Next, the results were tested using a two-way ANOVA (parametric): a significant difference was found between the “resin” and “technique” factors, but there was no interaction between them. To evaluate whether the shrinkage percentage variable showed homogeneous variance, Levene’s test was conducted. Heterogeneous variance was confirmed, and the Games-Howell test was performed to conduct multiple parametric comparisons (using a 5% level of significance).

RESULTS

According to the statistical analysis, there is a significant difference in the silorane-based composite resin when it is inserted in increments ($p < 0.05$) compared with other treatments (composite resins/insertion techniques).

Table 2: Mean polymerization shrinkage percentages showing the significant relationships between the resins and the insertion methods.

	Mean Percentage	Standard Deviation
Filtek Z350/1 increment	2.2281 ^a	0.4331
Filtek P90/1 increment	1.6766 ^a	0.3495
Filtek Z350/3 increments	1.3523 ^{a,b}	0.7733
Filtek P90/3 increments	0.8632 ^b	0.5959

Different letters indicate a significant difference between the two treatments.

DISCUSSION

Composite resins have a prominent place in restorative dentistry because they can restore the function, aesthetics, and maintenance of the remaining teeth. However, some limitations tied to the composition of the materials and technical and operational difficulties are still present. Among the problems that hinder the longevity of restorations, polymerization shrinkage is a major concern because all of the resinous material shrinks in the polymerization process. The magnitude of polymerization shrinkage depends on the methodology used to measure it and the variation between the operators.¹⁴

Computed microtomography is a relatively new method in medical and biological research. This method was first evaluated in studies with small samples in 1990.²⁹ In dentistry, this methodology is more recent (1999) and was first used in endodontic studies to reproduce the size and shape of root canals.³⁰ Since then, various fields of dentistry have used computed microtomography as a methodology, and it has recently been used in the area of dental materials.^{13,15,16} To prove its feasibility and reliability, researchers used experimental and commercial composites that were added to larger filler particles than those normally found in the composite to determine the direction of shrinkage vectors using tomographic images.^{13,17,18} Sun and Lin-Gibson¹³ confirmed the method's reliability for commercial composites, corroborating the viability of microtomography as a technique in studies on polymerization shrinkage. Studies claim that this method is efficient, accurate, and conservative because the samples evaluated are intact at the end of the procedure and can be used in future tests.¹⁵⁻¹⁸ Previously used methods destroyed or changed the specimen to evaluate polymerization shrinkage, making it impossible to use the sample for other tests. In addition, these other methods simply stated whether the

material analyzed shrank; they could not precisely quantify the amount or determine where the shrinkage occurred. Some of the methods used in this evaluation are described below.

Archimedes: Assessing the buoyancy of a material immersed in a fluid is a well-established procedure that can be used to measure volumetric dimensional changes by measuring changes in density. This principle holds that a body immersed in a fluid is buoyed by a force equal to the weight of the displaced fluid. The relative density (i.e., the body's weight per unit of volume compared to that of the fluid) determines the buoyant force.¹⁴ Unlike the computed microtomography method, Archimedes' method states whether there is shrinkage in the material evaluated but cannot precisely quantify the shrinkage or determine where the decrease in volume occurred.

The main goal of coordinate measuring systems is to obtain the Cartesian coordinates of points on a solid surface.¹⁴ Coordinate measuring systems are composed of 4 rigid interconnected parts, 3 with a mobile base and 1 fixed part. The object to be measured is fixed to a granite table, and the operator moves each of the three mobile parts along the three axes using a joystick in the following sequence: X axis, Y axis, and Z axis. Then, a ruby probe touches the object at a specific point. Each part of the machine has an internal scale so that the relationships between the axes allow a point to be located on the three axes. The resulting data are mathematically processed in a computerized system to provide highly precise geometric and dimensional measurements for any type of object.³¹ Similarly, microtomography utilizes point visualization, but it provides information about the entire specimen, enabling a "walk" along the interior of the sample for an analysis of the structure.

The methodology for assessing polymerization shrinkage through video images shows that the results are consistent with the mercury dilatometer method.³² Video images evaluating composite resins are taken after the composite has “settled” on a flat surface, where it is light-cured. The process is filmed using appropriate instruments in locations close to the specimens that can record the volume reduction based on the changes in the site before and after light-curing the composite. The mercury dilatometer is also used to measure volumetric shrinkage,³³ and similar to the video-image method, it estimates the tridimensional value of the shrinkage but cannot visualize where it occurred.

The bonded-disk method, as well as the “strain gage”, is widely used in studies on composite shrinkage. Marchesi et al² state that the boundary conditions or restrictions on specimens are the dominant factors when considering the polymerization shrinkage stress from composites. In the study, they considered the “strain gage” as the “outlier”, based on indirect measurements and constriction of the composite.³³ The authors also report a relationship between linear and volumetric shrinkage, which is an estimate of the increase to the third power. With the use of computed microtomography, placing a glass slide on top of the material (bonded-disk method) is not necessary. The material is evaluated after image binarization without having to use mathematical calculations to reach an estimate. There is no contact with liquids that can change the composite’s characteristics. The inside of the specimen can be visualized, noting the regularity inherent in each material.

With respect to the filler particles, the composite resins have a similar weight/volume percentage ratio. Filtek Z350 is a nanoparticulate composite, and its polymerization occurs through the free radical mechanism and the formation of polymer chains by covalent bonding, which leads to a reduction in the space

between the molecules and thus greater polymerization shrinkage.³⁴ The polymerization of Filtek P90 with microhybrid filler particles, quartz and radiopaque yttrium fluoride, occurs through the ring-opening dynamic, as mentioned earlier.²² Taking the filler particles of the composites into account, it can be suggested that the organic matrix is responsible for reducing polymerization shrinkage, and the difference is statistically significant when the composite is placed into the cavity preparations in increments.

Most of the studies investigated volumetric shrinkage with the insertion of the composite resin in a single increment.^{13-16,18,25} However, the incremental insertion technique results in less polymerization shrinkage of the material and consequently less shrinkage stress, resulting in lower cuspal deflection.^{23,26,27} In this study, which evaluated the insertion technique but not the composite type, lower polymerization shrinkage values were observed for the insertion technique with 3 increments compared to the technique with only 1 increment. However, when the insertion techniques were compared with each composite resin, there were no differences between the incremental technique and the single-increment technique for the composite resin Filtek Z350. The incremental technique did not result in less shrinkage than the insertion technique with a single increment for Filtek Z350; only Filtek P90 yielded a difference.

In general, the Filtek P90 resin resulted in less volumetric shrinkage than Filtek Z350 XT regardless of the insertion technique, corroborating other studies.^{14,21,23,25,27,28} However, there was a significant reduction when using the incremental technique for this type of resin.

The difference observed is related to the interaction of the factors in the study, which was not statistically significant. The conventional methacrylate-based

composite resin had the same volumetric shrinkage when it was inserted in 3 increments and in a single increment; the shrinkage was also equivalent to that of the silorane-based composite resin inserted in 3 increments. The polymerization shrinkage values obtained in this study enabled us to evaluate the statistical significance of the difference between the two forms of insertion for Filtek Z350 and Filtek P90 inserted in a single increment.

The images obtained from microtomography differed when the two resins were analyzed. The methacrylate-based composite resin was more homogeneous and adapted better to the cavity, producing no bubbles inside. The silorane-based resin was more irregular and produced more bubbles inside. The flow capacity of the composite resins is different, which was reflected in the failure of the Filtek P90 resin to adapt to the internal angles of the cavity. Papadogiannis et al²¹ reported that this composite adapted better to cavity walls but also produced more bubbles and defects in the restoration body.

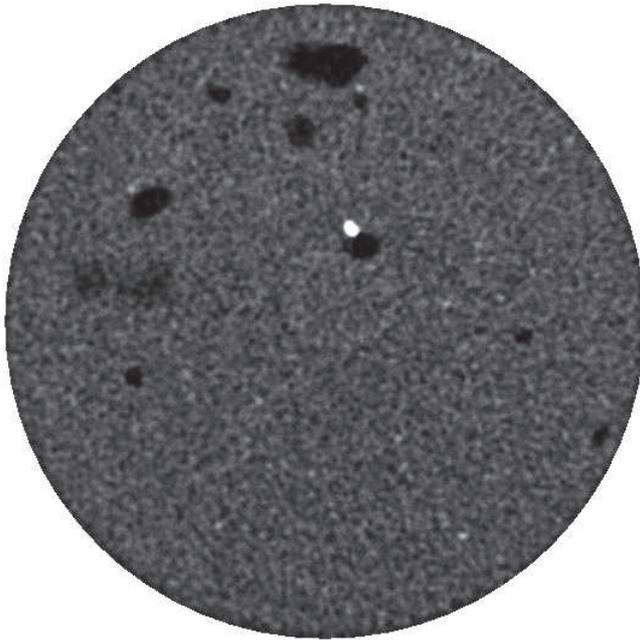


Figure 2 – Two-dimensional section of the area selected for evaluating the composite resin Filtek P90. The radiolucent areas are bubbles inside the composite; the radiopaque areas are yttrium fluoride particles.



Figure 3 – Two-dimensional section of the area selected to evaluate the composite resin Filtek Z350; homogeneity of the composite.

As this study found, the use of microtomography only evaluates the material by excluding the bubbles from the total volume of the composite resin^{13,15,17} and by

differentiating shades of gray (the definition of threshold). The considerable number of bubbles in all of the specimens of low-shrinkage composite resin raised the question: does this material actually shrink less than a conventional methacrylate-based composite resin, or could the number of bubbles inside affect the volume measurements? An evaluation of this question may determine that the volume of silorane-based resin is always quantitatively less compared to the volume of methacrylate-based resin occupying the same space, depending on the spaces created by the bubbles in the material. This situation could affect the volumetric shrinkage by resulting in less material to shrink.

In this study, the C-factor was favorable, as the cavity was circular and 1.55 mm deep. The teeth we used did not offer depth beyond that stipulated because they had exposed pulp space, were unerupted third molars, and lacked masticatory function, resulting in reduced dentin thickness.

Accordingly, the results allow us to suggest that the insertion method is responsible for the decrease in the polymerization shrinkage of silorane-based resins.

CONCLUSIONS

Although this study had some limitations, the composite resin with the silorane-based matrix resulted in less polymerization shrinkage compared with the methacrylate-based composite resin when the incremental technique was used. The incremental technique did not result in lower polymerization shrinkage for the methacrylate-based composite resin.

REFERENCES

1. Ferracane, JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials* 2005; **21**: 36-42.
2. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dental Materials* 2010; **26**: 947-53.
3. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stresses. *Journal of Dental Research* 1984; **63**:1396-9.
4. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Operative Dentistry* 1996; **21**:17-24.
5. Park WP, Ferracane JL. Measuring the residual stress in dental composites using a ring slitting method. *Dental Materials* 2005; **21**:882-9.
6. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of class V resin composite restorations affected by increased flexibility. *Journal of Dental Research* 1990; **69**:1240-3.
7. Prati C. Early marginal microleakage in class II resin composite restorations. *Dental Materials* 1989; **5**:392-8.
8. Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB. Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. *American Journal of Dentistry* 1997; **10**:88-96.

9. Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of light-cure resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *American Journal of Dentistry* 1998; **11**: 17-22.
10. Torno V, Soares P, Martin JM, Mazur RF, Souza EM, Vieira S. Effects of irradiance, wavelength, and thermal emission of different light curing units on the Knoop and Vickers hardness of a composite resin. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials* 2008; **85**:166-71.
11. Price RBT, Felix CA, Andreou P. Effects of resin composite composition and irradiation distance on the performance of curing lights. *Biomaterials* 2004; **25**:4465-77.
12. Navarra CO, Cadenaro M, Armstrong SR, Jessop J, Antonioli F, Sergio V, Di Lenarda R, Breschi L. Degree of Filtek Silorane Adhesive System and Clearfill SE Bond within the Hybrid and Adhesive Layer: An *in situ* Raman Analysis. *Dental Materials* 2009; **25**: 1178-85.
13. Sun J, Lin-Gibson S. X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. *Dental Materials* 2008; **24**: 228-34.
14. Monteiro GQ, Montes MA, Rolim Tv, Mota CC, Kyotoku BB, Gomes AS, Freitas AZ. Alternative methods for determining shrinkage in restorative composites. *Dental Materials* 2012; **27**: 2176-85.
15. Zeiger DN, Sun J, Schumacher GE, Lin-Gibson S. Evaluation of dental composite shrinkage and leakage in extracted teeth using X-ray microcomputed tomography. *Dental Materials* 2009; **25**: 1213-20.

16. Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S. 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. *Dental Materials* 2009; **25**: 314–20.
17. Chianga Y, Röschb P, Dabanoglua A, Linc C, Hickel R, Kunzelmann K. Polymerization composite shrinkage evaluation with 3D deformation analysis from μ CT images. *Dental Materials* 2010; **26**: 223–31.
18. Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. *Dental Materials* 2012; **27**: 1070-8.
19. Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. US patent No. 3.066.112,1962.
20. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. *Dental Materials* 2011; **27**:29-38.
21. Papadogiannis D, Kakaboura A, Palaghias G, Eliades G. Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites. *Dental Materials* 2009; **25**: 1509-16.
22. 3M ESPE Filtek Silorane Technical Profile – Filtek P90 <http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver>
23. Van Ende A, De Munck J, Mime A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dental Materials* 2010; **26**:215-22.
24. Shimamura Y, Murayama R, Kurokawa H, Miyazaki M, Mihata Y, Kmaguchi S. Influence of tooth-surface hydration conditions on optical coherence-tomography imaging. *Journal of Dentistry* 2011; **39**: 572-7.

25. Lee I, Min S, Seo D. A new method to measure the polymerization shrinkage kinetics of composites using a particle tracking method with computer vision. *Dental Materials* 2012; **24**: 212–18.
26. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee I. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dental Materials* 2008; **24**: 1501–5.
27. Badrawy W, Jafarpour S, Jazi HS, McComb D. Effect of Composite Insertion Technique on Cuspal Deflection Using an In Vitro Simulation Model. *Operative Dentistry* 2012; **37**: 299-305.
28. Naoum S, Ellakwa A, Leah M, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *Journal of Dentistry* 2012; **40**: 64-70.
29. Morton EJ, Webb S, Bateman JE, Clarke LJ, Shelton CG. Three-dimensional x-ray microtomography for medical and biological applications. *Physics in Medicine and Biology* 1990; **35**: 805-20.
30. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International Endodontic Journal* 1999; **32**: 165-70.
31. Seymour K, Zou L, Samarawickrama DY, Lynch E. Assessment of shoulder dimensions and angles of porcelain bonded to metal crown preparations. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1996; **75**: 406-11.
32. Sharp LJ, Choi IB, Lee TE, Sy A, Suh BI. Volumetric shrinkage of composites using video-imaging. *Journal of Dentistry* 2003; **31**: 97-103.

33. Sakaguchi RL, Wiltbank BD, Shah NC. Critical configuration analysis of four methods for measuring polymerization shrinkage strain of composites. *Dental Materials* 2004; **20**: 388-96.
34. Gonçalves F, Pfeifer CC, Stansbury JW, Newman SM, Braga RR. Influence of matrix composition on polymerization stress development of experimental composites. *Dental Materials* 2010; **26**: 697-703.

ANEXOS

ANEXO 1: DOCUMENTOS



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Clínica de Odontologia

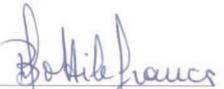
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
BANCO DE DENTES - PUCPR

Ao CEP

O Banco de Dentes da PUCPR por meio de sua coordenação informa que os dentes solicitados pelos pesquisadores: Sérgio Vieira e Elisa do Carmo Agostini Balbinot, com o Título: Avaliação da contração de polimerização de resinas compostas de diferentes composições por microtomografia computadorizada encontram-se à sua disposição após o parecer favorável de seu projeto por comitê de ética em Pesquisa. O pesquisador deverá, após a utilização dos dentes em sua pesquisa, devolve-los ao Banco de Dentes da PUCPR.

Atenciosamente,

Curitiba, 28 de Abril 2016


Profa Drª Beatriz Helena Sottile França
Coordenadora do Banco de Dentes da PUCPR



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
Núcleo de Bioética
Comitê de Ética em Pesquisa
Ciência com Consciência

PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROTOCOLO DE PESQUISA

Parecer Nº **0004978/11**

Protocolo CEP Nº **6028**

Título do projeto: **AValiação da Contração de Polimerização de Resinas Compostas de Diferentes Composições por Microtomografia Computadorizada**

Grupo:
Versão **2**

Protocolo CONEP **0057.0.084.000-11**

Pesquisador responsável **ELISA DO CARMO AGOSTINI BALBINOT**

Instituição **PUC-PR**

Objetivos

Estabelecer os diferentes parâmetros de contração de diferentes resinas, partindo de uma cavidade padrão, tempos controlados e igual método para avaliação.

- Visualizar tridimensionalmente de forma qualitativa e quantitativa as contrações sofridas pelos dois tipos de compósitos, submetidos as mesmas condições.

- Estipular com maior precisão onde realmente ocorre a contração e sua implicação na realidade clínica.

Comentários e considerações

Estudo observacional para avaliar o padrão de contração dos dentes para melhor definir a problemática da margem de restaurações.

Serão utilizados 40 dentes molares humanos extraídos do banco de dentes da PUC-PR, formando quatro grupos.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Será critério de inclusão o dente ser um molar hígido ou com presença de cárie incipiente, devido ao fato de ser um dente com mesa oclusal maior, proporcionando assim a confecção de cavidade oclusal padrão de 5mm de diâmetro e 2mm de profundidade totalmente em dentina. Os dados coletados pelo microtomógrafo serão analisados pelo software do próprio aparelho, que já apresenta cálculos e visualizações dos espécimes testados.

Termo de consentimento livre e esclarecido e/ou Termo de compromisso para uso de dados.

Claro e adequado.

Conclusões

Atende as normas do Banco de dentes da PUCPR e da resolução 196/96 sobre as questões éticas.

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **18/05/2011**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado**.

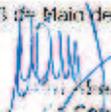
Situação Aprovado

Entendamos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador, nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 18 de Maio de 2011.


 Eliza do Carmo Agostini Balbinot
 Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa





MINISTÉRIO DA SAÚDE
Conselho Nacional de Saúde
Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS				FR - 404843	
Projeto de Pesquisa AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES POR MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA					
Área de Conhecimento 4.00 - Ciências da Saúde - 4.02 - Odontologia - Diag.			Grupo	Grupo I	
Área(s) Temática(s) Especial(s) Biossegurança			Nível		Diagnóstico
Unitermos contração, resinas, microtomografia			Fase		Não se Aplica
Sujeitos na Pesquisa					
Nº de Sujeitos no Centro 40	Total Brasil 40	Nº de Sujeitos Total 40	Grupos Especiais		
Placebo NAO	Medicamentos HIV / AIDS NÃO	Wash-out NÃO	Sem Tratamento Específico NÃO	Banco de Materiais Biológicos SIM	
Pesquisador Responsável					
Pesquisador Responsável Elisa do Carmo Agostini Balbinot			CPF 703.835.450-72	Identidade 2896234-6	
Área de Especialização ENDODONTIA			Maior Titulação MESTRADA EM ODONTOL	Nacionalidade BRASILEIRA	
Endereço VICTORIO VIEZZER, 471 - CASA 01			Bairro VISTA ALEGRE	Cidade CURITIBA - PR	
Código Postal 80810-340	Telefone 41 84068216 begin_of_the_skype_highlighting / 41 84068216 end_of_the_skype_highlighting / 41 30793769 begin_of_the_skype_highlighting 30793769 end_of_the_skype_highlighting		Fax	Email ecabalbinot@yahoo.com.br	
Termo de Compromisso Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima.					
Data: 22/02/2011			Assinatura		
Instituição Proponente					
Nome Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR		CNPJ 76.659.820/0001-51	Nacional/Internacional Nacional		
Unidade/Órgão CCBS		Participação Estrangeira NÃO	Projeto Multicêntrico NÃO		
Endereço Rua Imaculada Conceição 1155 cpx 16210		Bairro Prado Velho	Cidade Curitiba - PR		
Código Postal 80215-901	Telefone 41 2712292	Fax 41 2712292	Email nep@pucpr.br		
Termo de Compromisso Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.					
Nome: Sérgio R. Vieira			Assinatura		
Data: 22/02/2011			Sérgio Vieira Decano-Adjunto do CCBS		
Instituição Co-Participante					
Nome UFPR		CNPJ .-	Nacional/Internacional Nacional		
Unidade/Órgão Laboratório de Mineralogia LAMIR / DEP. GEOLOGIA		Participação Estrangeira NÃO	Projeto Multicêntrico NÃO		
Endereço CENTRO POLITÉCNICO		Bairro JD. DAS AMÉRICAS	Cidade - PR CURITIBA		
Código Postal 81531-980	Telefone 41 3361-3281	Fax	Email JMREIS@UFPR.BR		
Termo de Compromisso Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares.					
Nome: JOSÉ MANOEL DOS REIS NETO			Assinatura		
Data: 24/02/2011			Dr. José Manoel dos Reis Neto		

UFPR Mat. Nº. 89702
LAMIR - Coordenador

Termo de Compromisso de Utilização de Dados

Nós Elisa do Carmo Agostini Balbinot e Sérgio Vieira, abaixo assinado(s), pesquisadores envolvidos no projeto de título: Avaliação da Contração de Polimerização de Resinas Compostas de Diferentes Composições por Tomografia Computadorizada, nos comprometemos a manter a confidencialidade sobre os dados coletados nos arquivos do Banco de Dentes da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, bem como a privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde.

Informo que os dados a serem coletados dizem respeito a dentes molares humanos extraídos em cirurgias orais ocorridos entre as datas de: outubro de 2010 e janeiro de 2011.

Curitiba, 02 de março de 2011

Nome	R.G.	Assinatura
Elisa do Carmo Agostini Balbinot	2896234-6	
Sérgio Vieira	112240-5	

TODOS OS PESQUISADORES QUE TERÃO ACESSO AOS DOCUMENTOS DO ARQUIVO DEVERÃO TER O SEU NOME e R.G. INFORMADO E TAMBÉM DEVERÃO ASSINAR ESTE TERMO. SERÁ VEDADO O ACESSO AOS DOCUMENTOS A PESSOAS CUJO NOME E ASSINATURA NÃO CONSTAREM NESTE DOCUMENTO.

ANEXO 2: MATERIAL E MÉTODO COMPLETO COM FOTOS

MATERIAL E MÉTODO

MATERIAL

Trinta e dois dentes humanos, sadios, extraídos, terceiros molares, obtidos a partir do Banco de Dentes da PUC-PR foram utilizados no experimento. Parecer positivo do Comitê de Ética encontra-se no ANEXO 1. Estes dentes foram mantidos em Cloramina T 0,5% a 4°C durante toda a sua fase de preparo.

Os elementos foram incluídos em resina acrílica JET (CLASSICO) incolor, com auxílio de um cilindro de PVC de 1,8 cm de altura e 2 cm de diâmetro, com superfície oclusal voltada para cima. Previamente a colocação da resina acrílica, o tubo de PVC foi untado com vaselina sólida para facilitar sua remoção após a presa da resina. Foi feita uma porção de alginato JELTRATE, Dentsply e colocada no ápice dos elementos, previamente a inclusão na resina acrílica, com a finalidade de remoção posterior; a remoção deste alginato proporcionará ao ápice ser colocado em umidade, mantendo a hidratação dos elementos durante a aquisição das imagens tomográficas.

Os elementos foram incluídos de forma que a coroa dental estivesse o mais nivelada possível em relação a horizontal.

Depois da remoção do anel de PVC e remoção do alginato apical, os elementos foram colocados numa fresadora convencional INTOS, modelo FNGJ 32. A fixação do conjunto dente/resina foi feita através de um dispositivo de madeira fixo por meio de uma morsa com base de aço. As ferramentas utilizadas para fazer o corte das superfícies foram duas. A primeira, uma fresa (OSG) de 14mm de topo (diâmetro) com 4 arestas de corte (aço rápido ou HSS) que desgastou o dente partindo da oclusal, em direção apical, em toda sua extensão (esmalte e dentina) até que uma superfície totalmente de dentina estivesse exposta.



Fresadora Convencional ;



Conjunto dente-acrílico-dispositivo fixo;



Vista oclusal antes de fresar;



Fresas 4 arestas – 5 e 14mm de diâmetro;

Nesta mesma fresadora, somente trocando a ferramenta por outra fresa (a segunda ferramenta a ser utilizada), foi confeccionada uma cavidade nos elementos dentários, localizada totalmente em dentina. A segunda fresa utilizada foi de 5 mm de topo com 4 arestas de corte (aço rápido ou HSS). Houve um aprofundamento da ferramenta de 1,5mm, partindo do toque superficial oclusal. Esta manobra certificou que as cavidades fossem confeccionadas perpendicularmente, em relação à planificação oclusal. A velocidade de corte foi de 800 rpm e o avanço de corte foi feito por controle manual a uma velocidade aproximada de 10mm/min. A refrigeração dos elementos foi feita durante toda fase

de corte com água destilada. O controle das medidas foi realizado com auxílio do painel digital da fresadora, de precisão milesimal. A obtenção de profundidade de 1,5mm nas cavidades foi confirmada com a utilização de relógio comparador marca Somet, de precisão centesimal. Novamente todos os elementos foram recolocados em Cloramina T 0,5%



Vista proximal do conjunto;



Fresa em posição inicial;



Irrigação constante no corte;



Desgaste obtido com fresa 14mm;



Início do desgaste da fresa de 5mm;



Irrigação constante no corte;



Aprofundamento de 1,5mm;



Confirmação com relógio Somet;



Preparo concluído;

As resinas utilizadas para realização do estudo estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Resinas Compostas utilizadas neste estudo					
Compósito	Lote	Cor	Matriz Resinosa	Carga	Fabricante
Filtek P90	1118600145	A2	Siloranos	Nanoparticulada	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Filtex Z350 XT	1105400314	A2	Dimetacrilatos	Microhíbrida	3M ESPE, St Paul, MN, USA

MÉTODOS

Para cada resina composta, foram formados dois grupos de avaliação de contração:

- contração avaliada por inserção de incremento único;
- contração avaliada por inserção em três incrementos;

Cada um dos quatro grupos formados foi composto por oito dentes, divididos aleatoriamente.

O preparo cavitário foi seco com ponta de papel absorvente e preenchido com a resina composta em um incremento. O compósito foi adaptado às paredes cavitárias com auxílio de espátula. O espécime foi colocado no suporte preparado com umidade apical localizado no interior do microtomógrafo. Este procedimento foi realizado em sala com restrição a entrada de luz natural e com luzes apagadas. O aparelho foi fechado, vedando seu interior à penetração de luz, o que não possibilitou que houvesse polimerização da resina composta. Após a aquisição desta imagem, que aconteceu em aproximadamente em 35 minutos, o microtomógrafo foi aberto e, então, realizada a polimerização da resina composta, por 20 segundos, na superfície oclusal, com a ponteira do aparelho fotopolimerizador posicionado de forma paralela a esta superfície e com um anteparo de proteção ocular cor laranja. Este controle foi feito de forma visual,

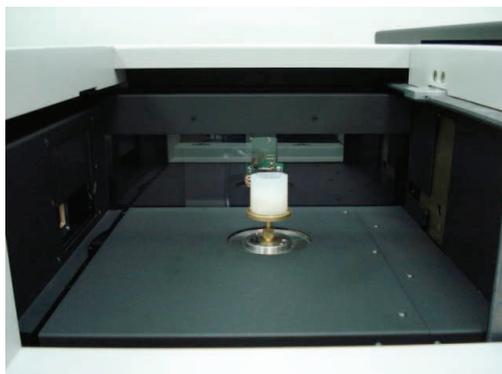
pois não poderíamos tocar no espécime para que ele permanecesse na mesma posição, para melhor avaliação dos resultados de baseline e pós-polimerização. Novamente o aparelho foi fechado e foi obtida a imagem da resina composta já polimerizada.



Microtomógrafo Skyscan;



Aparelho aberto com dispositivo em posição;



Vista aproximada do dispositivo no microtomógrafo;



Vista oclusal do conjunto em umidade;

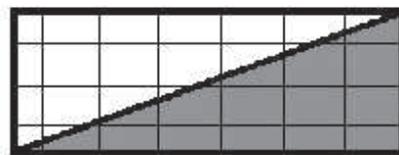
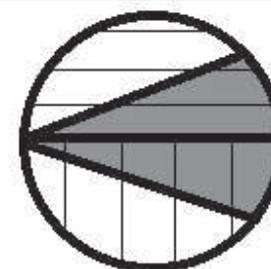
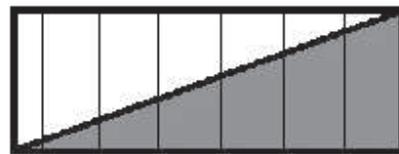
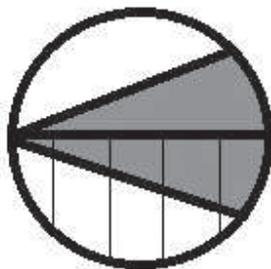
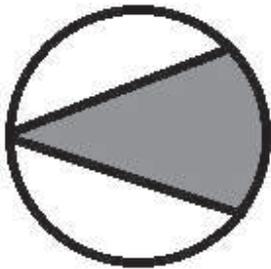
No segundo grupo das resinas, o baseline foi obtido por imagens tomográficas em um incremento, inserindo toda a resina composta sem polimerização na cavidade e obtendo-se, assim, as fotos da resina composta na sua totalidade, antes de realizarmos a fotopolimerização. Após esta aquisição de imagens, 2/3 da resina composta foram removidos da cavidade, e o 1/3 que permaneceu na cavidade foi adaptado no seu interior, da base na porção mesial até a borda da cavidade (porção mais oclusal) da porção distal. Realizou-se a fotopolimerização deste primeiro incremento por 20 segundos. Em seguida, o segundo incremento foi inserido e adaptado à parede vestibular da cavidade, indo até a borda mesial, seguindo para a base na porção lingual/palatina. Novamente

procedeu-se a fotopolimerização do novo incremento por 20 segundos. O último incremento foi então, inserido na cavidade, e seguiu a colocação dos demais, estando adaptado à parede lingual/palatina e seguindo em direção à borda oposta. Novamente foi feita polimerização, para atingir o terceiro e último incremento. Após realização da inserção em incrementos e devida polimerização por 20 segundos, conforme a indicação do fabricante, o espécime voltou para o microtomógrafo e foi feita sua aquisição tomográfica.

*Demonstrativo do Método de Inserção de
Resina Composta com Técnica Incremental*

Vista Oclusal

Vista Proximal



Visão oclusal e proximal da colocação dos três incrementos de resina composta para polimerização.

Com esta manobra podemos certificar que a quantidade de resina composta foi a mesma na tomada inicial e na final, sendo, somente, dividida em incrementos para inserção na cavidade conforme indicação clínica.

Todos os espécimes que receberam a resina composta para avaliação permaneceram em umidade (água destilada) durante a aquisição de imagens. Antes e depois do procedimento realizado no microtomógrafo, todas as amostras permaneceram em Cloramina T 0,5%.

O estudo proporcionou a obtenção de imagens para as seguintes resinas compostas e modos de polimerização:

1. P90 antes da polimerização;
2. P90 após a polimerização em incremento único;
3. P90 após a polimerização em três incrementos;
4. Z350 antes da polimerização;
5. Z350 após a polimerização em incremento único;
6. Z350 após a polimerização em três incrementos;

Este estudo possibilitou que conseguíssemos comparar a contração sofrida por resinas compostas de diferentes composições quando inseridas numa cavidade em um incremento e três incrementos.

O microtomógrafo

A Tomografia Computadorizada (TC) é uma técnica que permite a visualização de seções transversais (cortes internos) e medidas de parâmetros morfológicos de um objeto de forma não destrutiva, sendo uma técnica de caracterização e medida de propriedades físicas de amostras e materiais.

O princípio de funcionamento do microtomógrafo de raios-X baseia-se na propriedade dos materiais absorverem esta radiação de forma diferenciada dependendo de sua composição química e densidade.

Mais que uma simples tomada radiográfica, a tomografia computadorizada divide virtualmente o objeto de estudo em “fatias” nas quais são mapeados parâmetros físicos como a densidade e a porosidade de cada região interna do objeto que são apresentadas na forma de imagens bidimensionais que podem ser compostas de modo a obter objetos virtuais 3D, por meio de algoritmos computacionais.

O sistema de microtomografia de raios-X utilizado neste trabalho é de fabricação da empresa belga SkyScan, modelo 1172 que é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (100kV), um porta-amostra com manipulador de precisão e um detector baseado em uma câmera CCD de 10Mp (4000 x 2300 pixel) conectados a um computador de controle e aquisição de dados (host) interligado em rede a um cluster de computadores utilizado na reconstrução das imagens.



Microtomógrafo Skyscan;



Unidades interligadas;

A obtenção das imagens tomográficas (seções transversais) é realizada em duas etapas:

a) aquisição das imagens radiográficas de diversas projeções angulares da amostra ao longo de uma rotação de 180° ou 360° com passos de rotação muito precisos (alguns décimos de graus);

b) reconstrução das imagens das seções transversais a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado que roda no cluster de computadores. Este processo de reconstrução cria uma completa representação 3D da microestrutura interna do objeto.

O quadro a seguir sintetiza as principais especificações do microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172.

Especificações	SkyScan 1172 100kV
Detectabilidade de detalhes	1 μm
Tamanho do pixel (Max. Magnificação)	< 0,8 μm
Fonte de Raios-X	Tempo de vida > 10000 h 20 – 100kV _{max} 0 – 250 μA (10W Max)
Detector de Raios-X	Câmera de 10 Megapixels (4000 x 2300) com CCD de 12 bits acoplado a cintilador por fibra ótica
Tamanho máximo de objeto	68 mm de diâmetro (com câmera offset)
Algoritmo de reconstrução	Feixe cônico volumétrico (Feldkamp)
Níveis de radiação	< 1 $\mu\text{Sv/h}$ em qualquer ponto da superfície externa do equipamento

Neste trabalho, as configurações aplicadas foram:

Na Aquisição:

Source Voltage (kV) = 72 a 85 (regulagem automática);

Source Current (μA) = 118 a 137 (regulagem automática);

Image Pixel Size (μm) = 10.00;

Exposure (μs) = 500 a 900;

Rotation Step (deg) = 0.700

Filter = Al+Cu

Frame Averaging = ON (3)

Random Movement = ON (10)

Use 360 Rotation = YES

Scan duration = 00:29:23 a 00:38:40;

Na Reconstrução:

Reconstruction Program = NRecon;

Program Version = Version: 1.6.4.1

Ring Artifact Correction = 10;

Threshold for defect pixel mask (%) = 0;

A variação ocorrida no tempo de exposição, de 500 a 900 μ s, houve em decorrência das diferenças entre as resinas compostas. Para ajuste adequado no momento da tomografia, para que houvesse separação de fases nítida (graduação dos tons de cinza), o tempo foi modificado. Este tempo não altera nenhuma das demais características do aparelho de interesse neste estudo aparelho, ou seja, a medida do baseline e do pós-polimerização permaneceu confiável em relação a tamanho e nitidez.

Avaliação das Amostras

Cada amostra foi inspecionada visualmente, reconstruída por meio do programa NRecon e então, pôde ser avaliada pelo programa CT analyser. Cada espécime proporcionou a obtenção em torno de 250 imagens tomográficas da resina composta no baseline e mais uma média de 250 no pós-polimerização.

Para cada espécime, foram utilizados os mesmos parâmetros para ajuste dos tons de cinza (Threshold). Os grupos avaliados tiveram seu Threshold variando entre 50 e 255, avaliando-se as duas resinas e as duas formas de inserção de resina.

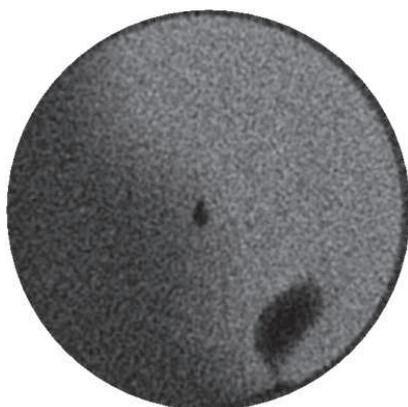


Imagem microtomográfica original;

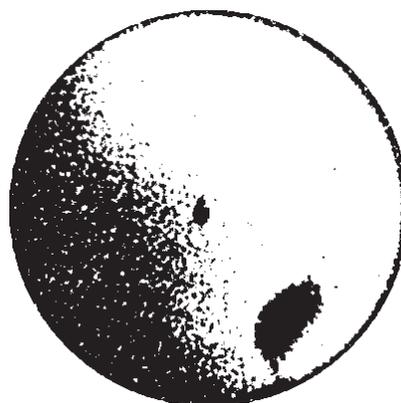


Imagem binarizada – obtida com a graduação de tons de cinza – Threshold;

Esta diferença entre a graduação dos tons de cinza deve-se a fatores intrínsecos ao aparelho e ajuste de melhor condição de diferenciação da resina em relação à dentina, o que não afetou na medição volumétrica.

O mesmo operador realizou todas as avaliações dos espécimes. A seleção de área de interesse foi feita com base no baseline, medindo arestas para confirmação de distâncias, para que a área de seleção da amostra pós-polimerização fosse a mesma.

Quadro 1: Medidas obtidas a partir dos espécimes de resina composta em mm³, do baseline e pós-polimerização, com a diferença em valores percentuais:

Resina Antes	Resina depois	Varição Percentual	Resina	Incremento	Grupo
51,50406	50,39575	-2,151888608	Z350	1	1
49,56834	48,31988	-2,518664131	Z350	1	1
54,87811	53,45171	-2,599214878	Z350	1	1
50,11179	48,85878	-2,50042954	Z350	1	1

46,33398	45,27474	-2,28609759	Z350	1	1
53,96349	53,19169	-1,430226251	Z350	1	1
50,9723	49,64905	-2,596017837	Z350	1	1
49,22297	48,36528	-1,742458856	Z350	1	1
49,32538	48,85794	-0,947666293	Z350	3	2
48,34706	47,33692	-2,089351452	Z350	3	2
54,00217	53,2013	-1,483032997	Z350	3	2
51,16167	51,06618	-0,186643634	Z350	3	2
57,04969	55,9142	-1,990352621	Z350	3	2
51,18527	50,87471	-0,606737055	Z350	3	2
50,44641	49,23851	-2,39442212	Z350	3	2
53,70648	53,10475	-1,120404838	Z350	3	2
50,70171	50,03701	-1,311001148	P90	1	3
46,74475	45,88135	-1,847052343	P90	1	3
48,44354	47,53525	-1,874945555	P90	1	3
49,60305	48,57264	-2,077311778	P90	1	3
53,0975	52,47543	-1,17156175	P90	1	3
51,43638	50,37686	-2,059865022	P90	1	3
51,20582	50,33817	-1,694436296	P90	1	3
67,76648	66,83369	-1,376476984	P90	1	3
52,00735	51,90397	-0,198779596	P90	3	4
59,47829	59,22728	-0,42201953	P90	3	4
53,33468	53,14971	-0,346809993	P90	3	4
52,33409	52,14397	-0,363281372	P90	3	4
58,30972	57,48197	-1,419574644	P90	3	4
62,47817	61,44953	-1,646399054	P90	3	4
62,47637	61,55009	-1,482608545	P90	3	4
59,09339	58,48708	-1,02602	P90	3	4

ANEXO 3: METODOLOGIA ESTADÍSTICA

METODOLOGIA ESTATÍSTICA

PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

A partir dos objetivos estabelecidos na presente pesquisa, definiram-se alguns questionamentos:

1. Existe diferença estatisticamente significativa nos valores médios da Percentagem de Contração com relação ao tipo de resina (Z350 e P90), independente de incremento (1 e 3)?

2. Existe diferença estatisticamente significativa nos valores médios da variável Percentagem de Contração com relação a incremento (1 e 3), independente de resina (Z350 e P90)?

3. Existe interação estatisticamente significativa entre os valores médios da variável Percentagem de Contração com relação ao tipo de resina (Z350 e P90) e ao incremento (1 e 3)?

4. Existe diferença estatisticamente significativa nos valores médios da variável Percentagem de Contração com relação ao tipo de resina (Z350 e P90) e ao incremento (1 e 3)?

A verificação das quatro hipóteses foi realizada com o auxílio de análise de variância a dois fatores, modelo fatorial completo, uma vez que os quatro tratamentos analisados (dois tipos de resina e duas formas de inserção) apresentaram distribuição normal para a variável em análise. A verificação de

normalidade foi feita através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, ao nível de significância de 0,05.

Quando a ANOVA indicou existir diferença entre os valores médios da variável analisada, utilizou-se para identificar quais tratamentos diferiam entre si o teste paramétrico de comparações múltiplas de Games-Howell para variâncias heterogêneas, uma vez que o teste de homogeneidade de variâncias de Levene acusou variâncias heterogêneas entre os tratamentos. O nível de significância adotado foi de 0,05.

Resultados

Visando avaliar as hipóteses estabelecidas anteriormente, testou-se inicialmente o pressuposto de normalidade dos dados para cada um dos quatro tratamentos envolvidos na pesquisa, originando os dados da tabela 1.

Tabela 1- Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para a variável Percentagem de Contração segundo Resina x Incremento

Resina x Incremento	Estatística	G.L.	Valor p
Z350 / Incremento 1	0,84529	8	0,08532
Z350 / Incremento 3	0,96318	8	0,83979
P90 / Incremento 1	0,90741	8	0,33618
P90 / Incremento 3	0,85074	8	0,09694

Observou-se da tabela 1 que todos os quatro tratamentos apresentaram distribuição normal, uma vez que a hipótese de que os dados se ajustaram ao modelo da distribuição normal foi aceita porque os valores observados da estatística de Shapiro-Wilk foi estatisticamente não significativa, uma vez que $p > 0,05$.

Tests of Normality

Resina x Incremento		Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.
Porcentagem de contração	Z350 / Incremento 1	0,845290086	8	0,08532
	Z350 / Incremento 3	0,963180155	8	0,83979
	P90 / Incremento 1	0,907408829	8	0,33618
	P90 / Incremento 3	0,850744606	8	0,09694

Visando avaliar se a variável Porcentagem de Contração apresentava variâncias homogêneas segundo resina x incremento, o teste de homogeneidade de variâncias de Levene apresentou valor F igual a 3,37, apresentando variâncias heterogêneas, uma vez que a hipótese de que os tratamentos apresentassem variâncias homogêneas foi rejeitada, uma vez que $p < 0,05$.

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Valor p
Porcentagem de contração	Based on Mean	3,373	3	28	0,03226

DIFERENÇA ENTRE OS VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL PERCENTAGEM DE CONTRAÇÃO SEGUNDO RESINA, INDEPENDENTE DO INCREMENTO

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Percentagem de Contração, segundo resina, independente de incremento (modo de inserção), originou os dados da tabela 2.

Uma vez que os quatro tratamentos apresentaram distribuição normal (tabela 1), a comparação dos valores médios da Percentagem de Contração segundo resina, independente de incremento foi feita através de ANOVA a dois fatores.

A tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração segundo resina, independente de incremento.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração segundo resina, independente de incremento

Resina	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
Z350	16	-1,7902	0,7557	0,1889	-2,1929	-1,3875
P90	16	-1,2699	0,6318	0,1579	-1,6065	-0,9332

A aplicação de ANOVA a dois fatores apresentou o valor de F igual a 4,47 para resina, que foi estatisticamente significativa, uma vez que $p < 0,05$, indicando existir diferença entre os valores médios de Percentagem de Contração segundo resina, independente de incremento.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Percentagem de contração

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Valor p	Observed Power ^b
Resina	1,410	1	1,410	4,465	0,04303	,534
Incremento	5,707	1	5,707	18,076	0,00021	,984
Resina * Incremento	,008	1	,008	,025	0,87633	,053
Error	8,840	28	,316			
Corrected Total	15,964	31				

Observa-se da tabela 2 que a resina Z350 apresentou valor médio de Percentagem de Contração menor, indicando maior contração, e estatisticamente diferente da resina P90. O gráfico 1 a seguir apresenta os intervalos de confiança (95%) para os valores médios de Percentagem de Contração segundo resina, independente de Incremento.

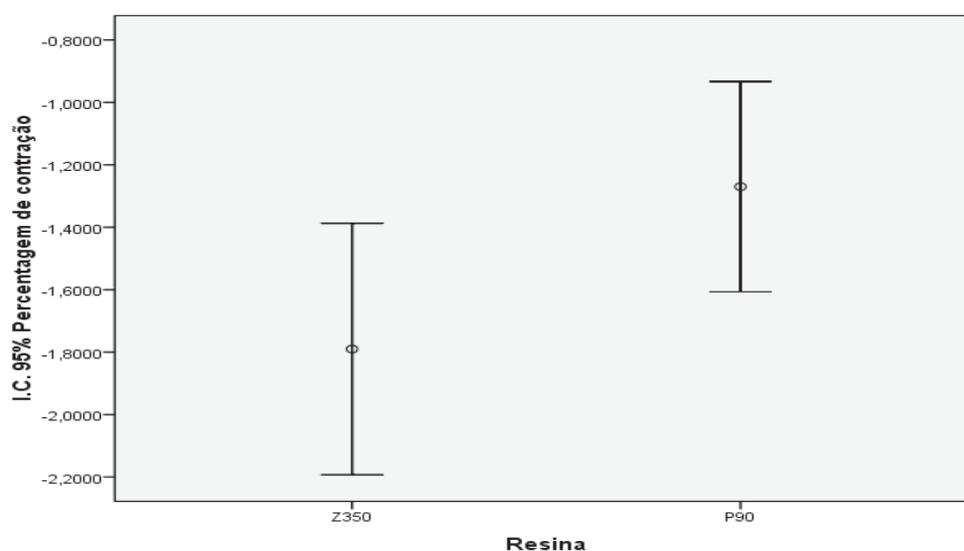


Gráfico 1 – Intervalo de Confiança (95%) da Percentagem de Contração segundo Resina;

DIFERENÇA ENTRE OS VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL PERCENTAGEM DE CONTRAÇÃO SEGUNDO INCREMENTO, INDEPENDENTE DE RESINA

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina, originou os dados da tabela 3.

A tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina

Incremento	n	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
1	16	-1,9524	0,4750	0,1188	-2,2055	-1,6992
3	16	-1,1078	0,7131	0,1783	-1,4878	-0,7277

Com relação aos valores médios de Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina, o valor de F foi igual a 18,07, que foi estatisticamente significativa, pois $p < 0,05$, indicando existir diferença entre os valores médios de Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina.

Observa-se da tabela 3 que os valores médios da Percentagem de Contração apresentam diferença estatisticamente significativa em relação ao incremento, independente de resina. O valor da variável Percentagem de Contração é menor para o modo de inserção em incremento único, indicando maior contração quando inserida em bloco único. O gráfico 2 a seguir apresenta os intervalos de confiança (95%) dos valores médios da variável Percentagem de Contração segundo incremento, independente de resina.

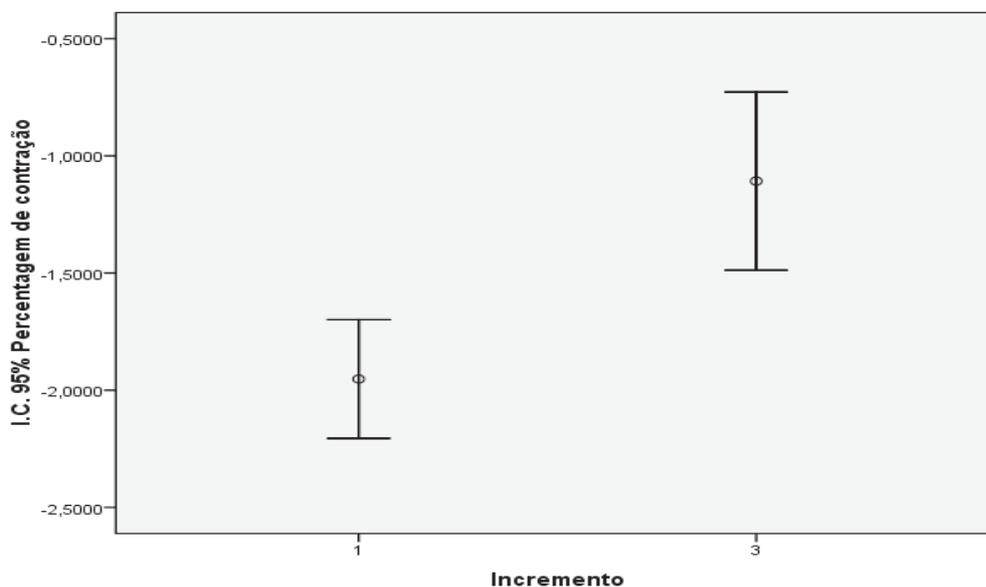


Gráfico 2 – Intervalo de Confiança (95%) da Percentagem de Contração segundo Incremento;

INTERAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DA VARIÁVEL PERCENTAGEM DE CONTRAÇÃO SEGUNDO RESINA E INCREMENTO

No sentido de avaliar a interação entre os valores médios da variável Percentagem de Contração segundo resina e incremento, originou os dados da tabela 4.

A tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração segundo Resina e Incremento.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas da variável Percentagem de Contração, segundo Resina e Incremento

Resina x Incremento	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
Z350 / Incremento 1	8	-2,2281	0,4331	0,1531	-2,5902	-1,8660
Z350 / Incremento 3	8	-1,3523	0,7733	0,2734	-1,9988	-0,7058
P90 / Incremento 1	8	-1,6766	0,3495	0,1236	-1,9688	-1,3844
P90 / Incremento 3	8	-0,8632	0,5959	0,2107	-1,3614	-0,3650

Com relação à interação entre a Percentagem de Contração segundo Resina e Incremento, o valor de F foi igual a 0,025, que foi estatisticamente não significativo, uma vez que $p > 0,05$, indicando não existir interação entre os valores médios de Percentagem de Contração segundo resina e incremento. O gráfico 3 a seguir apresenta os intervalos de confiança (95%) dos valores médios da variável Percentagem de Contração segundo resina e incremento.

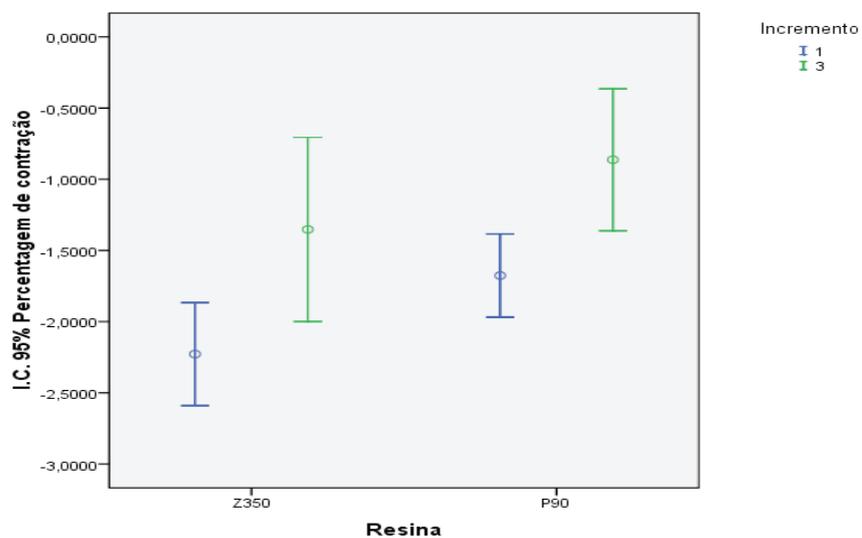


Gráfico 3 – Intervalo de Confiança (95%) da Percentagem de Contração segundo Resina e Incremento;

Observa-se do gráfico 3 que tanto para a resina Z350 quanto para a resina P90 quando o incremento muda de 1 para 3, há um acréscimo na percentagem de contração, indicando redução na contração, evidenciando dessa forma a ausência de interação entre resina e incremento.

Multiple Comparisons

Percentagem de contração
Games-Howell

(I) Resina xIncremento	(J) Resina xIncremento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Valor p	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Z350 / Incremento 1	Z350 / Incremento 3	-,8758000	,3133654	0,07131	-1,818905	,067305
	P90 / Incremento 1	-,5515375	,1967695	0,06202	-1,126714	,023639
	P90 / Incremento 3	-1,3649375 [*]	,2604625	0,00085	-2,131209	-,598666
Z350 / Incremento 3	Z350 / Incremento 1	,8758000	,3133654	0,07131	-,067305	1,818905
	P90 / Incremento 1	,3242625	,3000219	0,70852	-,597977	1,246502
	P90 / Incremento 3	-,4891375	,3451603	0,51101	-1,500675	,522400
P90 / Incremento 1	Z350 / Incremento 1	,5515375	,1967695	0,06202	-,023639	1,126714
	Z350 / Incremento 3	-,3242625	,3000219	0,70852	-1,246502	,597977
	P90 / Incremento 3	-,8134000 [*]	,2442457	0,02841	-1,545227	-,081573
P90 / Incremento 3	Z350 / Incremento 1	1,3649375	,2604625	0,00085	,598666	2,131209
	Z350 / Incremento 3	,4891375	,3451603	0,51101	-,522400	1,500675
	P90 / Incremento 1	,8134000 [†]	,2442457	0,02841	,081573	1,545227

O teste de comparações múltiplas paramétricas de Games-Howell para variâncias heterogêneas indicou diferença estatisticamente significante na Percentagem de Contração entre Z350/Incremento 1 x P90/Incremento 3, P90/Incremento 1 x P90/Incremento 3, uma vez que $p < 0,05$. Os demais tratamentos não apresentaram diferença entre si. O valor médio da variável Percentagem de Contração foi menor para a resina Z350/Incremento 1, seguido pela resina P90/Incremento1, conforme pôde ser observado no gráfico 3.

ANEXO 4: RESUMO DOS ARTIGOS DA DISCUSSÃO

12 - Sun J, Lin-Gibson S. X-ray microcomputed tomography for measuring polymerization shrinkage of polymeric dental composites. *Dental Materials* 2008; **24**: 228-34.

Os autores avaliaram a viabilidade da utilização do método de microtomografia computadorizada para avaliação de contração de resinas compostas. Foram utilizados compósitos experimentais e comerciais, somente com BISGMA E TEGDMA. Verificando dados referentes a contração com a literatura existente eles confirmaram a viabilidade da técnica e afirmaram alguns aspectos importantes. Nas resinas experimentais foi acrescentado BBS, que é uma partícula micrométrica que tem a finalidade de melhorar a radiopacidade do compósito durante a aquisição da imagem pela radiação, gerando o contraste necessário com o fundo, possibilitando assim, o isolamento do objeto (resina) para posterior análise. Salientaram a importância da determinação exata do limiar ótimo para que haja esta separação perfeitamente, evitando erros nas medições. Indicaram que a determinação deste limiar seja feita de forma única para cada amostra, e não padronizada. Afirmam que a flutuação deste limiar entre diferentes espécimes de cada grupo pode ser relatada por casos de falta de homogeneidade em função da dispersão do BBS, da geometria do espécime, da presença de bolhas de ar e localização do espécime em relação à fonte de radiação. Confirmam a utilização da técnica para

compósitos comerciais. Uma das principais vantagens relatadas é que o microtomógrafo tolera a presença de bolas de ar, pois estas são reconhecidas como “fundo” e não como material a ser avaliado, não contando no volume do compósito. Foram realizados testes comparativos com a densidade e contração e eles afirmam que a variação dos valores de contração encontrados com diferentes métodos é razoável e aceitável.

13 - Monteiro GQ, Montes MA, Rolim Tv, Mota CC, Kyotoku BB, Gomes AS, Freitas AZ. Alternative methods for determining shrinkage in restorative composites. *Dental Materials* 2012; **27**: 2176-2185.

A proposta do estudo foi avaliar a contração de polimerização de compósitos resinosos utilizando uma máquina de medição coordenada, tomografia de coerência óptica e um método mais amplamente conhecido, Arquimedes. Foram avaliados sete compósitos: Filtek Z250, Filtek Z350, Filtek P90 / 3M ESPE; Esthet-X, TPH Spectrum /Dentsply; 4 Seasons, Tetric Ceram / Ivoclar-Vivadent. Na máquina de medições coordenadas os compósitos foram aplicados num molde de Teflon cilíndrico de 2mm, polimerizados e removidos do molde; a diferença entre o volume do molde e o volume do espécime foi calculada em percentagem. A tomografia de coerência óptica foi utilizada para avaliação de contração linear: a espessura das amostras foi medida antes e depois da fotoativação. E

também foi utilizado o método de Arquimedes nestas verificações. Todas as amostras foram polimerizadas com luz halógena, ponteira de 10mm de diâmetro, a uma intensidade de 550-600mW/cm², e as amostras tinham 2mm de profundidade. Os resultados foram variados tanto entre resinas quanto entre métodos, mas o consenso foi em relação à resina P90: foi a de menor contração. Concluíram que não se pode avaliar por métodos diferentes; os métodos para avaliação de contração são únicos e peculiares, cada um tendo suas vantagens e desvantagens. Considerando a grande variação de resultados obtidos, somente é possível comparar materiais utilizando o mesmo método, entretanto, foi possível “ranquear” e relatar estes dados por diferentes métodos.

14 - Zeiger DN, Sun J, Schumacher GE, Lin-Gibson S. Evaluation of dental composite shrinkage and leakage in extracted teeth using X-ray microcomputed tomography. *Dental Materials* 2009; **25**: 1213-1220.

Este estudo investigou a contração do compósito e a distribuição espacial da infiltração em dentes extraídos, a fim de avaliar o material de uma forma mais clinicamente relevante. Além disso, os efeitos da geometria da cavidade e fator C (definido como a relação entre a área aderida e a área livre) na contração do compósito, e potencial infiltração foram examinados. Foram utilizados 6 dentes molares humanos extraídos, que tiveram suas superfícies oclusais preparadas e planificadas, expondo dentina totalmente para confecção das

cavidades. Duas cavidades de mesmo volume e diferentes dimensões foram confeccionadas no mesmo dente, para que os efeitos devido a variações no conteúdo mineral de cada dente fossem minimizados. Cada dente foi examinado individualmente usando μ CT (Scanco μ CT 40; Scanco médico, Bassersdorf, Suíça) com uma resolução de $15\mu\text{m}$, $I = 114\mu\text{A}$, $E = 70\text{ kVp}$, tempo de integração de 300ms. Após polimerização por 60s com luz halógena de quartzo e tungstênio com intensidade de $600\text{mW}/\text{cm}^2$, o dente foi digitalizado novamente usando condições idênticas, após uma espera de 30 min para permitir que o stress de polimerização chegasse ao platô. Um limiar para a reconstrução de imagem com o software do aparelho de μ CT foi o valor médio das seis amostras determinado pelo limiar adaptativo (tomado antes e depois da fotopolimerização). A contração global foi calculada subtraindo-se o volume total do compósito após fotopolimerização do volume total do compósito antes de polimerização. As reconstruções dos objetos antes e depois da polimerização dos compósitos foram comparadas para prever a localização de falhas/infiltrações. Para validar os resultados obtidos com esta técnica, os espécimes foram preparados por microscopia confocal em modo de reflectância. Com teste T de Student e ANOVA foi realizada estatística. Não foram encontradas diferenças significantes de volume entre as amostras C1 e C2, em qualquer dos valores limite ($p > 0,05$). A contração da amostra ocorreu principalmente perto da superfície superior e diminuiu gradualmente com o aumento da profundidade. Ambas as geometrias das cavidades apresentam

padrões semelhantes de perda de volume, ou seja, uma substancial diminuição do volume no topo da amostra, menor, mas mais estável perda ao longo do comprimento, em seguida, outro ponto de perda na parte inferior ou perto da parte inferior da amostra. A aquisição de dados do μ CT pode demorar várias horas, período durante o qual a geometria poderia tornar-se alterada o suficiente para produzir lacunas na interface dente-compósito não devido à contração do compósito, mas devido à progressiva desidratação do dente. Para este fim, foi projetado um suporte para o dente que continha água suficiente para hidratar a amostra, mas não submergi-la. Cálculo da contração global indicou que a geometria da cavidade (fator C), não afeta a magnitude da contração. Este estudo demonstra que, quando aplicado à dentes extraídos, imagens e análises de μ CT produzem resultados que são com segurança, similares às cavidades modelo. A contração e a infiltração ocorrem em três dimensões, de modo que a verdadeira magnitude da infiltração não pode ser determinada através do corte. Uma fatia de uma restauração pode muito bem perder essas regiões inteiramente. Afirmam que este método é por definição destrutivo: novos testes não podem ser realizados em amostras investigadas desta forma, eliminando a possibilidade de estabelecer relações claras entre a contração e a infiltração e, por exemplo, propriedades mecânicas, o que seria muito útil na predição do desempenho clínico de materiais dentários. Imagens via μ CT fornecem um meio de contornar todas as propriedades indesejáveis de medição tradicional de infiltrações, sendo um método não-destrutivo do

material pesquisado. Agente de união não foi usado neste estudo, de forma a manter o sistema o mais simples possível a fim de observar de forma inequívoca o comportamento do compósito.

15 - Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S. 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. *Dental Materials* 2009; **25**: 314–20.

Este estudo teve por objetivos (1) demonstrar a microtomografia computadorizada por raios-X como um método viável para a determinação da contração de polimerização e microinfiltração na mesma amostra, com precisão e de forma não-destrutiva, e (2) investigar o efeito da geometria da amostra (por exemplo, fator-C e volume) na contração de polimerização e microinfiltração. Os compósitos (TPH) foram colocados em cavidades modelo com fator C (2.5, 3.5 e 5.9) e volumes controlados (16mm^3 , 31mm^3 e 54mm^3) e foram tomadas imagens digitais com resolução de $16\mu\text{m}$ antes e depois da polimerização para calcular por comparação a contração das amostras e prever a microinfiltração das mesmas em relação as paredes das cavidades em função da posição. Experimentos de penetração de corante foram realizados porá validar os resultados do micro TC. O material utilizado para fazer as cavidades modelo foi o polimetilmetacrilato (PMMA), que teve sua superfície interna jateada por alumina de $50\mu\text{m}$ por 15s e seguido de sílica $50\mu\text{m}$ por 15s, igualmente, para criar uma rugosidade proporcionando

imbricamento mecânico. Como as cavidades modelo que foram confeccionadas com matrizes de PMMA tinham diferentes proporções, foi tomado o cuidado de se verificar o grau de conversão das diferentes amostras, para que fosse possível compará-las em igualdade, com a certeza de que toda a extensão do compósito sofreu a ação da luz (60s intensidade de $600\text{mw}/\text{cm}^2$ de luz halógena de quartzo e tungstênio. Foram feitas novas medidas 60 minutos após a polimerização. Após as medidas obtidas pelo microtomógrafo, os espécimes foram imersos em solução aquosa de Rodamina B (1% em massa) por 24h, e a penetração do corante foi capturada por visualização direta. Examinaram dois parâmetro de forma independente: a contração variou de 2.6% a 2,9% para todas as configurações e a análise estatística não mostrou diferença significativa em relação a fator C ou a volume. Isto comprovou que a contração não é afetada por diferentes volumes ou fator C com graus de conversão constantes; conseqüentemente, atribuíram as mudanças de volume da contração a forma geométrica das cavidades. Para todos os espécimes, a maior contração ocorreu no topo e na base dos compósitos, mas também foi observada no ponto médio, indicando sítios de potencial infiltração. Comparando amostras de mesmo volume e diferentes fator C, os compósitos colocados em cavidades com maiores fator C (5.9%) exibiram maiores contrações nos pontos médios. Sendo que a contração foi a mesma para todos os espécimes e ocorreu predominantemente no topo, geometrias com menor fator C podem acomodar um maior volume de contração nas superfícies livres

e assim reduzir toda a contração distribuída nas superfícies constrictas. Lembrem que, como a tomada de imagem foi feita com resolução para 16 μ m, os sítios de microinfiltração medidos tem medidas a partir desta, e que de 0 a 16 μ m foram áreas consideradas de não-infiltração. Os resultados para infiltração obtidos com a reconstrução das imagens em 3D destacam as vantagens do método para o estabelecimento de um padrão de infiltração, em comparação com o método de penetração de corante. Concluem enfatizando a vantagem da técnica por ser um método não-destrutivo, proporcionando realização de mais testes nos mesmos espécimes; e que a microinfiltração é altamente dependente do fator C bem como do volume do compósito: maiores volumes e fator C levam a uma maior probabilidade de haver microinfiltração.

16 - Chianga Y, Röschb P, Dabanoglua A, Linc C, Hickel R, Kunzelmann K. Polymerization composite shrinkage evaluation with 3D deformation analysis from μ CT images. *Dental Materials* 2010; **26**: 223–231.

O artigo teve o objetivo de desenvolver um método para determinar e visualizar a direção de contração, assim como mensurá-la. Para isso foram trabalhados grupos com e sem adesão. Para que se pudesse visualizar a contração em seu interior, possibilidade esta proporcionada pela microtomografia computadorizada, foram adicionadas partículas de carga diferentes da carga da resina, que na tomada tomográfica, apareciam diferentes da massa resinosa. Foi utilizada resina a base de metacrilato

(Tetric Evoflow) para que a contração, já prevista por ser relativamente alta, pudesse mostrar para onde as partículas adicionadas iriam se deslocar; estas tinham tamanho entre 40 e 90 μ m. Dezesesseis molares intactos foram utilizados, planificados e foram confeccionadas cavidades oclusais de 3mm de profundidade por 6mm de diâmetro. Foram divididos em dois grupos: um com adesivo e outro sem. As restaurações foram digitalizadas antes e depois da polimerização, em angulação de 90° em relação a oclusal, por 40 segundos, com luz de intensidade de 950mW/cm². O aparelho utilizado para a tomada de imagens foi um Scanco Medical AG, da Suíça, numa aceleração de voltagem de 70KVp e corrente de 114 μ A, com resolução de 8 μ m e tempo de integração de 300ms. Perceberam que a direção de contração foi afetada pela adesão, especialmente na margem de esmalte. Mesmo sem utilizar adesivo, a resina pode aderir em certas áreas da superfície da cavidade, provavelmente devido a irregularidades mecânicas. Concluem que o método mostra realmente o que acontece com os vetores de contração. Seus exemplos mostram claramente que a qualidade da adesão na interface da restauração é fator crítico na avaliação da direção da contração de polimerização. O estudo pretendeu ser um aprofundamento no desenvolvimento da concepção do método, e esta melhora tem um potencial pra unificar as linhas de pensamento sobre profundidade e orientação de vetores de contração.

17 - Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. *Dental Materials* 2012; **27**: 1070-1078.

Um compósito experimental universal foi desenvolvido para realização deste trabalho. Partículas de carga de zircônia de 30µm foram adicionadas como marcadores para o traçado do microtomógrafo. Foram preparadas cavidades padrão de 5mm x 5mm x 5mm. Um grupo teve procedimento adesivo realizado e outro, não. A cavidade foi preenchida com o compósito experimental e foi feita a imagem tomográfica (tamanho do voxel de 14µm, voltagem 100kV, corrente de 50µA e polimerizado por 60s com fotopolimerizador de LED com intensidade de 600mw/cm²). Sequencialmente, foi feita nova aquisição tomográfica para avaliar o “depois”. A tomografia confirmou a distribuição homogênea das cargas no compósito, mostrou diferença entre as localizações das partículas no antes e depois nos dois grupos (com e sem adesão). No caso das cavidades com adesão, o deslocamento das partículas se deu no sentido oposto ao da luz. Com 1mm de profundidade, o deslocamento parece ser 0. Em profundidades maiores, o deslocamento se dá na direção da luz. No grupo de não-adesão, a direção do movimento das partículas foi sempre na direção da luz. O deslocamento geralmente aumenta em função da profundidade, exceto na base, onde mostrou um decréscimo de

movimento, no último mm. Concluíram que a contração regional com este compósito usando micro CT mostrou uma maior deformação do material, maior deslocamento de carga em cavidades sem adesão e nas maiores profundidades do compósito, em relação à luz.

20 - Papadogiannis D, Kakaboura A, Palaghias G, Eliades G. Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites. *Dental Materials* 2009; **25**: 1509-1516.

Este trabalho visou avaliar as características de definição de resina de baixa contração e examinar as possibilidades de interações com a eficiência de cura e adaptação marginal em cavidades de dentina. Foram utilizados vários métodos para avaliar as diferentes proposições. No que concerne ao trabalho aqui discutido, comentou-se sobre adaptação do material na cavidade e sobre contração das resinas. Para contração, foi utilizado o método dos discos aderidos e entre as pesquisadas, a Filtek Silorane foi a que apresentou menor contração. Afirmam que o silorano mostrou melhor comportamento do que os materiais com metacrilato na definição da contração e adaptação marginal. Em relação ao uso do micro tomógrafo, a adaptação das resinas nas cavidades e verificação de porosidades internas pode ser verificada sem destruir os espécimes, mostrando ser uma vantagem da técnica. As amostras foram avaliadas com e sem adesão, e relatam ser melhor do que o método dos discos

aderidos. Relataram haver uma limitação na diferenciação de fases de cinza, definição do limiar ótimo da graduação de cinza do adesivo, o que pode não ser tão indicado na avaliação utilizada em cavidades que sofreram processo adesivo. Mostram que a área de adaptação no topo das amostras é de 10 a 90 vezes melhor que na base. A área de topo das cavidades está próxima à luz emitida e a polimerização é mais rápida. Isso poderia levar a uma compensação de áreas sub-expostas em locais mais profundos, causando deterioração marginal na adaptação da resina na base da cavidade. Importante também, que vazios e defeitos relatados nas características do manuseio são reduzidos nas áreas mais altas devido ao aumento da área de superfície livre da resina. Na base, entretanto, bolhas e falhas não podem ser aliviadas, problemas da inserção em bloco único. O Silorano mostrou melhor adaptação marginal, apesar de ser o mais viscoso utilizado neste estudo e de ser o mais irregular, em relação à homogeneidade – apresentando bolhas e irregularidades. Todos os materiais testados apresentaram problemas em relação à adaptação na base, e o adesivo melhorou esse problema.

22 - Van Ende A, De Munck J, Mime A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dental Materials*, doi:10.1016/j.dental.2009.10.003.

Este trabalho testou a Filtek Z100 e a Filtek Silorane. Foram feitos testes de microtração com adesivo em dois tipos de cavidades com 5 técnicas de aplicação de resina. Confeccionaram cavidades de classe I, de 4mm x 4mm x 2,5mm de profundidade, para que houvesse certeza da polimerização em incremento único; a outra forma do dente para inserção de resina foi uma superfície plana de dentina, onde foram sobrepostas camadas de resina ou a mesma foi adaptada em incremento único. Resultam valores de microtração obtidos nas duas formas de preparo dentário, mas salientam que a adequada polimerização do compósito é mais importante do que a forma da cavidade em que ele é inserido; os autores afirmam que a técnica incremental é mais recomendada do que a de incremento único, tanto para silorano quanto para metacrilato. Relatam também, que devido à reduzida contração de polimerização do compósito de silorano comparado ao convencional de metacrilato, a exposição a stress com o silorano foi significativamente menor, reduzindo assim a necessidade de presença de adesivo tão significativo.

24 - Lee I, Min S, Seo D. A new method to measure the polymerization shrinkage kinetics of composites using a particle tracking method with computer vision. *Dental Materials* 2012; **24**: 212–218.

Este estudo objetivou desenvolver um novo método para medir a contração de polimerização de compósitos fotoativados, avaliando a utilidade e

significância da técnica. Um instrumento óptico para medição de contração linear sem contato direto com os espécimes foi desenvolvido através de um método de rastreamento de partículas com visão computacional. O sistema de medição consistiu de uma câmera de vídeo a cores CCD, uma lente, um dispositivo de armazenamento de imagem, processamento de imagem e software de análise. A cinética de contração de um composto comercial baseado em silorano (P90) e duas resinas convencionais a base de metacrilato (Z250 e Z350 flow) foram investigados e comparados, usando o "método dos discos aderidos". A contração linear dos compósitos foi de 0,33-1,41%. O valor de contração foi mais baixo para a resina P90 e mais elevado para o compósito Z350 flow. As contrações do volume estimado dos materiais foram comparáveis com as contrações axiais, avaliadas pelo método dos discos aderidos. A estimativa da contração volumétrica feita por este método vislumbra o fato de que, taxas e valores maiores que 10 numa medição de contração axial equivalem a 1/3 da contração volumétrica, ou seja: a contração volumétrica é aproximadamente 3 vezes o valor da contração linear. Foram confeccionadas 5 amostras para cada resina. Todas as amostras foram inseridas em incremento único, polimerizadas por 40s com aparelho Elipar FreeLight 2, da 3M, a uma intensidade de luz de 700mW/cm² e as imagens foram feitas por 10 minutos. Foram coletadas cinco medidas neste intervalo de tempo a uma temperatura de 25°±0,5°. O novo instrumento foi

capaz de medir a verdadeira contração linear de compósitos sem sensibilidade à geometria da amostra e da viscosidade do material. A resina P90 apresentou valores de contração linear de 0,33% e de contração volumétrica 0.98%; a Z350 flow apresentou valores de contração linear de 1,41% e de contração volumétrica de 4,22%; e a Z250 mostrou valores de contração linear de 0.70% e 2,11% para contração volumétrica. Concluem que este instrumento pode ser utilizado para caracterizar a cinética de contração para uma vasta gama de materiais fotopolimerizáveis comerciais e experimentais.

25 - Park J, Chang J, Ferracane J, Lee I. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dental Materials* 2008; **24**: 1501–1505.

A proposta do estudo foi determinar o efeito das diferentes técnicas de inserção de resina na deflexão de cúspides com compósitos diretos. Foram avaliados três grupos: 1- com inserção em incremento único; 2- restaurado com técnica de incrementos horizontais; 3- restaurado com técnica de incremento oblíquo. A resina selecionada para análise foi a Z250 – 3M ESPE. O incremento único foi inserido e polimerizado por 40s no topo (oclusal), mais 20s por Distal e 20s por Mesial. O grupo dois teve inserção de 3 camadas horizontais consecutivas, cada uma polimerizada por 20s e mais uma polimerização de 20s no topo para igualar o tempo com o grupo

1. Igualmente, o grupo 3 foi feito com 3 camadas oblíquas, polimerizadas por 20s cada e uma polimerização extra de 20s, igualando o tempo. Os dados foram colhidos antes e depois da polimerização. A quantia de deslocamento medida em ambos os lados das paredes da cavidade foram somados e mostraram um valor de deflexão total. Cinco medidas foram tomadas em cada grupo, sob temperatura controlada de $25^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$. A avaliação foi feita por LVDT. Como resultados, o trabalho apresentou valores totais de deflexão para o grupo 1 de $21.6 \pm 0.90 \mu$; para o grupo 2, $19.3 \pm 0.73 \mu$; e para o grupo 3, $18.4 \pm 0.63 \mu$. Estes dados mostram que a inserção em incremento único resulta em deflexão de cúspides consideravelmente maior do que quando técnicas incrementais são utilizadas.

26 - Badrawy W, Jafarpour S, Jazi HS, McComb D. Effect of Composite Insertion Technique on Cuspal Deflection Using an In Vitro Simulation Model. *Operative Dentistry* 2012; **37 (3)**: 299-305.

O objetivo deste trabalho foi, por simulação em dentes artificiais, avaliar as diferentes técnicas de inserção de resina na cavidade e a deflexão produzida pela contração. Foram 60 preparos padronizados MOD em pré-molares, no grupo A com 4mm de profundidade e, no grupo B, com 6mm. Cada grupo foi dividido de acordo com a técnica de inserção do compósito: 1 – incremento único; 2 – incrementos horizontais; 3 – incrementos

tangenciais; 4 – técnica tangencial modificada. Os preparos foram condicionados com ácido, adesivo e então restaurados com Spectrum TPH3, Dentsply. Dois subgrupos adicionais foram restaurados com Filtek LS, compósito de baixa contração. Todas as amostras foram fotoativadas pelo mesmo tempo, no total (80 segundos), a uma intensidade de 400mW/cm^2 , o mais próximo possível da superfície da resina, sem tocá-la. Foi utilizado o método LVDT. Como resultados, obtiveram:

Cavidades de 4mm de profundidade: Incremento único: 40.17 ± 1.18 ; Incrementos horizontais: 25.80 ± 4.98 ; Incrementos tangenciais: 28.27 ± 5.12 ; Incrementos tangenciais modificados: 27.33 ± 2.42 .

Cavidades com 6mm de profundidade: Incremento único: 38.82 ± 3.64 ; Incrementos horizontais: 50.39 ± 9.17 ; Incrementos tangenciais: 55.62 ± 8.16 ; Incrementos tangenciais modificados: 49.61 ± 8.01 .

Todas as técnicas de inserção usando compósito convencional causaram movimento de cúspide mensurável; em geral, as preparações mais profundas mostraram deflexão de cúspide significativamente maior, exceto no caso de incremento único, que foi afetado pelo decréscimo de conversão pela distância e falta da chegada de luz para adequada polimerização. As diferentes técnicas de inserção não mostraram diferenças significativas na deformação das cúspides. A deflexão de cúspide percebida com o compósito de baixa contração foi

significativamente menor do que a causada pela utilização de compósito convencional.

27 - Naoum S, Ellakwa A, Leah M, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *Journal of Dentistry* 2012; **40**: 64-70.

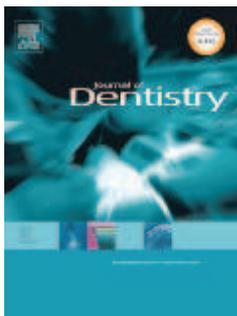
Neste estudo, foram testados os perfis de contração de 5 compósitos comerciais de baixa contração: Filtek Silorano, Kalore (metacrilato com massa de alto peso molecular), Gradia Direct X, Filtek Supreme XT e Beautifull II. A contração foi medida utilizando balança eletromagnética e foram gravadas as alterações que ocorreram no compósito durante a polimerização. Este instrumento permitiu que, no período de 10 minutos, houvesse registro das medidas de contração do material. Nos primeiros 5 segundos, todos os compósitos exibiram maiores valores de contração. Entre 4 e 8 segundos, o stress é o maior, e após, diminuiu rapidamente. No auge do stress, este se sobrepõe a capacidade de rearranjo e acomodação molecular. Os autores afirmam que seria prudente utilizar testes de perfil de contração volumétrica para se avaliar stress de contração de polimerização. Embora seja necessário fazer verificação, sugere-se que as resinas de baixa contração, que nos primeiros 5 segundos mostram menores valores de contração comparadas as resinas convencionais de metacrilato, podem ser indicativas comparativas de

menor grau de stress de contração durante este período. Concluíram que a química do monômero da resina composta pode afetar na contração das resinas. As resinas de baixa contração apresentaram taxas significativamente menores de contração e valores totais de contração também menores do que os compósitos a base de metacrilato comparados no trabalho.

ANEXO 5: NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA JOURNAL OF DENTISTRY

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Journal of Dentistry



ISSN: 0300-5712
Imprint: ELSEVIER

Facts & Figures

Impact Factor: 2.115

5-Year Impact Factor: 2.463

Issues per year: 12

Guide for Authors

Editor-in-Chief

Christopher D. Lynch
School of Dentistry
Cardiff University
Heath Park, Cardiff,
CF14 4NQ, UK
Email: lynchcd@cardiff.ac.uk

Editorial Office

Elsevier Ltd
Stover Court
Bampfylde Street
Exeter
EX1 2AH, UK
Tel: +44 (0) 1392 285879
Fax: +44 (0) 1865 853132
E-mail: JOD@elsevier.com

The *Journal of Dentistry* is the leading international dental journal within the field of Restorative Dentistry. Placing an emphasis on publishing novel and high-quality research papers, the Journal aims

to influence the practice of dentistry at clinician, research, industry and policy-maker level on an international basis.

Topics covered include the management of dental disease, periodontology, endodontology, operative dentistry, fixed and removable prosthodontics, and dental biomaterials science, long-term clinical trials including epidemiology and oral health, dental education, technology transfer of new scientific instrumentation or procedures, as well clinically relevant oral biology and translational research. Submissions are welcomed from other clinically relevant areas, however, the Journal places an emphasis on publishing high-quality and novel research.

Queries in relation to manuscript content should be directed to the Journal Editorial Office in the first instance.

Submissions

The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals," *Annals of Internal Medicine*, 1977, **126**, 36-47.

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for *Journal of Dentistry*. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at: <http://ees.elsevier.com/jjod>

Authors unable to submit online should contact the Editorial office: Ms Gabbi Moisley, Journal Manager, *Journal of Dentistry*, Elsevier, Bampfylde Street, Exeter, UK, EX1 2AH. JOD@elsevier.com
TEL: +44 (0)1392 285879 Fax: +44 (0)1865 853132.

Contributions falling into the following categories will be considered for publication:

- Original Research Reports: maximum length 6 printed pages approximately 20 typescript pages, including illustrations and tables.
- Review articles: maximum length 10 printed pages, approximately 33 typescript pages, including illustrations and tables.
- Short communication for rapid publication: maximum length 2 printed pages, approximately 7 typescript pages, including illustrations.
- Letters providing informed comment and constructive criticism of material previously published in the Journal.

All typescripts must be accompanied by a Permission Note. This is a letter signed by each author (not just the corresponding author), affirming that the paper has been submitted solely to *Journal of Dentistry* and that it is not concurrently under consideration for publication in another journal. Prospective authors should confirm that the submitted work, including images, are original. Authors are reminded that if included images (e.g. Tables and Figures) have been previously published may require copyright permission.

Authorship: Only those persons who have made a significant contribution to the manuscript submitted should be listed as authors. The Editor-in-Chief expects that a manuscript should normally have no more than 6 authors, unless a case is made by the corresponding author within the article cover letter to include other authors. All of the named authors should have been involved in the work leading to the publication of the paper and should have read the paper before it is submitted for publication.

Notes for Typescript Preparation

The **title page** should contain the following information:

- Title of paper
- Short title

- Name(s), job titles and address(es) of author(s) (no academic degrees necessary)
- Name, address, telephone, fax and e-mail of the corresponding author
- Up to 6 keywords

Spelling: International English.

Authors are urged to write as concisely as possible.

The house style of *Journal of Dentistry* requires that articles should be arranged in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, Tables, Figures. A **cover letter** should accompany the new manuscript submission, within which the authors should indicate the significance of the work being submitted in a statement no more than 100 words. A signed **permission note** (details below) must also be included.

Abstract: should not exceed 250 words and should be presented under the following subheadings: Objectives, Methods; Results; Conclusions (For Reviews: Objectives; Data; Sources; Study selection; Conclusions). A 50 word 'Clinical Significance' statement should appear at the end of the abstract advising readers of the clinical importance and relevance of their work. These subheadings should appear in the text of the abstract. Please repeat the title of the article at the top of the abstract page.

Introduction: must be presented in a structured format, covering the following subjects, although not under subheadings: succinct statements of the issue in question, and the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue. In keeping with the house style of *Journal of Dentistry*, the final paragraph of the introduction should clearly state the aims and/or objective of the work being reported. Prospective authors may find the following form of words to be helpful: "The aim of this paper is to ..." Where appropriate, a hypothesis (e.g. null or a priori) should then be stated.

Keywords: up to 6 keywords should be supplied.

Abbreviations and acronyms: terms and names to be referred to in the form of abbreviations or acronyms must be given in full when first mentioned.

Units: SI units should be used throughout. If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.

The complete names of individual teeth must be given in the text. In tables and legends for illustrations individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

Statistics

Statistical methods should be described with enough detail to enable a knowledgeable reader with access to the original data to verify the reported results. When possible, findings should be quantified and appropriate measures of error or uncertainty (such as confidence intervals) given. Details about eligibility criteria for subjects, randomization and the number of observations should be included. The computer software and the statistical method(s) used should be specified with references to standard works when possible (with pages specified). See http://www.icmje.org/manuscript_1prepare.html for more detailed guidelines.

References: These should appear in the text in numerical order and should follow a modified form of the Vancouver Reference system (details may be found at <http://www.icmje.org/index.html#reference>). Please note that the house style of the *Journal of Dentistry* is different from the standard Vancouver reference style in that it includes a requirement:

- to refer to the name of the Journal in full
- to put the name of the Journal in Italics
- to put the volume number in bold

Examples as follows:

Journal articles

Lynch CD, Frazier KB, McConnell RJ, Blum IR, Wilson NHF. State-of-the-art techniques in Operative Dentistry: contemporary teaching of posterior composites in UK and Irish dental schools. *British Dental Journal* 2010; **209**: 129 - 36.

Wilson NHF, Mjör I. The teaching of class I and class II direct composite restorations in European dental schools. *Journal of Dentistry* 2000; **28**: 15-21.

Please note that in-press/ accepted articles that are awaiting assignment of page numbers should be cited including their DOI number (Digital Object Identifier), for example:

Books

Lynch CD. *Successful posterior composites*. London: Quintessence Publishing Co., 2008.

Book chapters

Phillips SJ, Whisnant JP. The role of dentine under restorations. In: Laragh JH, Brenner BM, editors. *The science of restorative dentistry*. 2nd ed. Oxford: Elsevier; 2003. p.266-78.

If there are seven or more authors please list the first six and et al., otherwise list all authors. Journal titles should be given in full. If websites are used as references, the full URL should be cited, along with the date on which it was accessed.

Illustrations: should be submitted electronically using appropriate commercial software. Prospective authors should follow the relevant guidelines (available from: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>). In addition, it is noted that while authors sometimes need to manipulate images for clarity, manipulation for purposes of deception or fraud will be seen as scientific ethical abuse and will be dealt with accordingly. For graphical images, journals published by Elsevier apply the following policy: no specific feature within an image may be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced. Adjustments of brightness, contrast, or color balance are acceptable if and as long as they do not obscure or eliminate any information present in the original. Nonlinear adjustments (e.g. changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

Offprints and page charges: no page charges are levied on articles published in *Journal of Dentistry*. The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.

The Editor and Publisher reserve the right to make such corrections to typescripts as may be necessary for clarity of expression, or to conform to the style required.

Randomised controlled trials: All randomised controlled trials submitted for publication in *Journal of Dentistry* should include a completed Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) flow chart. Submitted manuscripts that do not include this flow chart, where appropriate, will be rejected without entering the review process. Please refer to the CONSORT statement website at <http://www.consort-statement.org> for more information. *Journal of Dentistry* has adopted the proposal from the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) which require, as a condition of consideration for publication of clinical trials, registration in a public trials registry. Trials must register at or before the onset of patient enrolment. The clinical trial registration number should be included at the end of the abstract of the article. For this purpose, a clinical trial is defined as any research study that prospectively assigns human participants or groups of humans to one or more health-related interventions to evaluate the effects of health outcomes. Health-related interventions include any intervention used to modify a biomedical or health-related outcome (for example drugs, surgical procedures, devices, behavioural treatments, dietary interventions, and process-of-care changes). Health outcomes include any biomedical or health-related measures obtained in patients or participants, including pharmacokinetic measures and adverse events. Purely observational studies (those in which the assignment of the medical intervention is not at the discretion of the investigator)

will not require registration. Further information can be found at <http://www.icmje.org>

Disclosure of Clinical Trial Results: In line with the position of the International Committee of Medical Journal Editors, the journal will not consider results posted in the same clinical trials registry in which primary registration resides to be prior publication if the results posted are presented in the form of a brief structured (less than 500 words) abstract or table. However, divulging results in other circumstances (eg, investors' meetings) is discouraged and may jeopardise consideration of the manuscript. Authors should fully disclose all posting in registries of results of the same or closely related work.

Patient consent: Studies on patients or volunteers require ethics committee approval and informed consent which should be documented in your paper. Patients have a right to privacy. Therefore identifying information, including patients images, names, initials, or hospital numbers, should not be included in videos, recordings, written descriptions, photographs, and pedigrees unless the information is essential for scientific purposes and you have obtained written informed consent for publication in print and electronic form from the patient (or parent, guardian or next of kin where applicable). If such consent is made subject to any conditions, Elsevier must be made aware of all such conditions. Written consents must be provided to Elsevier on request. Even where consent has been given, identifying details should be omitted if they are not essential. If identifying characteristics are altered to protect anonymity, such as in genetic pedigrees, authors should provide assurance that alterations do not distort scientific meaning and editors should so note. If such consent has not been obtained, personal details of patients included in any part of the paper and in any supplementary materials (including all illustrations and videos) must be removed before submission.

Proofs: Proofs will be sent to the author (first-named author if no corresponding author is identified on multi-authored papers) by PDF wherever possible and should be returned within 48 hours of receipt, preferably by e-mail. Corrections should be restricted to typesetting errors; any other amendments made may be charged to the author. Any queries should be answered in full. Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are returned to us in one all-inclusive e-mail or fax. Subsequent additional corrections will not be possible, so please ensure that your first communication is complete.

Should you choose to mail your corrections, please return them to: Log-in Department, Elsevier, Stover Court, Bampfylde Street, Exeter, Devon EX1 2AH, UK.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>

The decision of the Editor-in-Chief is final in relation to all manuscript submissions.