

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
CONCENTRAÇÃO EM MATERIAIS DENTÁRIOS – DOUTORADO**

ANA PAULA BRAUN

**AVALIAÇÃO DO VALAMENTO MARGINAL EM RESTAURAÇÕES DE RESINA
COMPOSTA SUBMETIDAS AO ENSAIO DE ABRASÃO POR ESCOVAÇÃO**

**Prof. Dr. Hugo Mitsuo Silva Oshima
Orientador**

**Porto Alegre
2008**

ANA PAULA BRAUN

**AVALIAÇÃO DO VALAMENTO MARGINAL EM RESTAURAÇÕES DE RESINA
COMPOSTA SUBMETIDAS AO ENSAIO DE ABRASÃO POR ESCOVAÇÃO**

Tese apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Doutor na área de Materiais Dentários pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Mitsuo Silva Oshima

Porto Alegre
2008

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus pais, **Ani e Jacob**, e ao meu irmão, **Luís Augusto**, pelo amor, suporte, carinho e incentivo. Agradecimento especial a minha mãe que é responsável pela minha paixão pelo estudo.

Ao **Felipe** por todo apoio, compreensão, amor e carinho. Esteve sempre presente e faz parte de todos os meus planos.

Aos meus **familiares** e **amigos** pela compreensão em todos os momentos desta jornada. Sei que muitos momentos não são somente meus, vocês foram fontes de muita inspiração.

Ao **Prof. Dr. Hugo Oshima**, orientador deste trabalho, muito dedicado, profissional e um grande amigo. Muito obrigada pela confiança depositada em mim, espero poder retribuir.

AGRADECIMENTOS

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia, **Prof. Marcos Túlio Mazzini Carvalho** e vice-diretora **Profa. Angélica Maria Genehr Fritscher** pelo apoio e pela estrutura proporcionada para a realização deste trabalho.

Ao **Prof. José Antônio Poli de Figueiredo** coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

À **Profa. Nilza Pereira da Costa**, pelo carinho e apoio que sempre dedicou a todos os alunos do Curso.

Às minhas colegas e amigas, **Helena, Clarissa e Perpétua** pela troca de conhecimento, companheirismo, carinho e amizade. Realmente não é por acaso que as pessoas se encontram.

Aos meus colegas, **Caio, Álvaro, Ana Amélia, Julieta, Graziottin e Kléber** por terem tornado as noites de segunda-feira muito mais agradáveis.

Aos professores **Eduardo Mota** e **Ana Maria Spohr** pela imensa contribuição na etapa final deste trabalho. Aos professores, **Antônio, Luís Henrique, Luciana** e **Rose** pelo agradável convívio no laboratório de Materiais Dentários.

Ao **Prof. Luiz César** pela orientação e auxílio na execução da Análise Estatística deste trabalho.

A todos do **Laboratório de Óptica e Laser** do Instituto de Física da UFRGS por terem me recebido com tanta atenção. Aprendi muito em todos os momentos que estive por lá. Ao **Prof. Flávio Horowitz** por ter aberto as portas do laboratório para mim.

Agradecimentos especiais, ao **Prof. Alexandre Fassini Michels**, pelas excelentes idéias e grande contribuição na construção da metodologia deste trabalho, e ao querido amigo **Marcelo** pela disposição e dedicação nas muitas e agradáveis horas de trabalho, muito obrigada por tudo!

À **Miriam** do **CEMM - PUCRS** pelo empenho na qualidade das imagens deste trabalho.

À **Jacira** pelo apoio sempre muito importante.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o valamento marginal em restaurações de resina composta após ensaio de abrasão por escovação. Para isto, foram realizadas quatro restaurações na face vestibular de 12 incisivos bovinos, devidamente planejados e incluídos em resina acrílica. Os compósitos avaliados foram: Filtek Supreme XT, Filtek Z350 (3M/ESPE), ambos com nanopartículas, 4Seasons e Tetric Ceram HB (Ivoclar Vivadent), classificados como híbridos. Cada uma das 12 amostras foi submetida ao ensaio de abrasão em máquina de escovação (Idéia-PUCRS), com escova (Colgate Professional, Colgate-Palmolive) e dentífrico (Colgate Tripla Ação, Colgate-Palmolive), nos períodos correspondentes a 1, 2, 4 e 6 anos de escovação simulada. Para a análise do valamento marginal, antes e após cada período, foi utilizado um Perfilômetro XP-2 (Ambios Technology), sendo realizadas 5 varreduras em cada uma das restaurações das 12 amostras, após cada período. A média destas 5 varreduras foi calculada utilizando o software Origin 7.0 (OriginLab Corporation) gerando um gráfico (n=240) onde foi possível medir a discrepância entre a margem em esmalte e a resina composta, nos dois lados da restauração. A média dos dois lados foi tomada como sendo o valor de valamento marginal, em μm , da resina no período avaliado. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância por Modelos Mistos para Medidas Repetidas com Parcela Subdividida e para a análise pós-teste foi utilizado o ajuste de Tukey com nível de significância de 5%. Todas as resinas apresentaram um aumento no valamento marginal ao longo dos períodos avaliados. Tanto a resina 4Seasons como a Tetric Ceram HB apresentaram um aumento significativo no valamento marginal após 4 e 6 anos de escovação simulada e não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si em cada período. A resina Filtek Supreme XT não apresentou aumento significativo ao longo dos períodos avaliados. A Filtek Z350 apresentou aumento significativo do valamento marginal no período de 6 anos, sem apresentar diferenças estatisticamente significantes nos períodos de 1, 2 e 4 anos. Os aspectos morfológicos, de amostras de cada resina observadas em MEV, após cada período avaliado, ilustram o comportamento dos compósitos ao longo do tempo frente ao ensaio de abrasão por escovação. As interfaces dente/restauração das

restaurações realizadas com os compósitos Filtek Supreme XT e Filtek Z350 apresentaram menor formação de valamento marginal após a abrasão por escovação ao longo do tempo.

Palavras-chave: abrasão, resina composta, escovação, valamento marginal.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the marginal breakdown in resin composite restorations after toothbrush-dentifrice abrasion. Twelve specimens were prepared with bovine incisors and four restorations had been done in the facial enamel surface of each bovine tooth. Two nanocomposites (Filtek Supreme XT and Filtek Z350, 3M/ESPE) and two hybrid composites (without nanotechnology) (4Seasons and Tetric Ceram HB, Ivoclar Vivadent) were used. Each specimen was subjected to toothbrush-dentifrice abrasion using toothbrush (Colgate Professional, Colgate-Palmolive) and dentifrice (Colgate Tripla Ação, Colgate-Palmolive) in a wear test machine (Idea-PUCRS). At baseline and each cycle interval (1; 2; 4 and 6 years) a surface profilometer (XP-2, Ambios Technology) was used to determine the marginal breakdown. Five profilometric tracings were performed in each one of the 4 restorations of the 12 samples after each period of time. The average of these 5 tracings was calculated using software Origin 7.0 (OriginLab Corporation) and graphics were obtained where was possible to measure the marginal breakdown in the two sides of the restoration. The average of the two sides was taken as being the value of marginal breakdown (μm) of the composite resin in that period. Data were analyzed using the Analysis of Variance for Mixing Models for Repeated Measures with Subdivided Parcel and Tukey's test adjustment. The results indicate that all composites had presented a marginal breakdown's increased throughout the evaluated periods. Both hybrid's composites (4Seasons and Tetric Ceram HB) exhibited a statistical significantly increase in the marginal breakdown after 4 and 6 years of toothbrushing when compared with the nanocomposites (Filtek Supreme XT and Z350), without presenting differences between itself in each period. The Filtek Supreme XT showed no significant increase over the periods and Filtek Z350 exhibited statistical significantly increase in the marginal breakdown after 6 years, without statistically significant differences in periods of 1, 2 and 4 years. The SEM images illustrate the behavior of composites throughout the time. In conclusion, the results suggest that the interfaces tooth/composite of the nanocomposites restorations (Filtek Supreme XT and Filtek Z350) are less subject to the marginal breakdown after toothbrushing.

Keywords: wear, resin composites, toothbrushing, marginal breakdown.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz de alumínio. A: porção inferior da matriz, B: porção superior, C: nichos para inclusão dos dentes com resina acrílica, D: canaletas para extravasamento da resina acrílica.	48
Figura 2 – A) Inserção da resina na fase plástica. B) A matriz fechada sendo prensada para o extravasamento dos excessos de resina.	48
Figura 3 – A) Amostras polimerizadas na matriz. B) Amostra após a remoção dos excessos de resina.....	49
Figura 4 – A) Amostra posicionada na matriz. B) Planificação na politriz.	49
Figura 5 – Amostra após a confecção dos preparos cavitários.	50
Figura 6 – Máquina de escovação.....	52
Figura 7 – Preparação final para ensaio de abrasão: a) pasta abrasiva na proporção 1:1 sendo dispensada na cuba acrílica recobrimdo o corpo-de-prova; b) peso de 200 g.	53
Figura 8 – A) Perfilômetro XP-2 Ambios Technology . B) Amostra inserida no dispositivo posicionado na base do perfilômetro.	54
Figura 9 – Imagem indicando o ponto de referência inicial da amostra 13. a) Resina acrílica. b) ponteira do perfilômetro. c) Dente bovino.	55
Figura 10 - Amostra posicionada no perfilômetro para o início das varreduras.....	55
Figura 11 – Imagem correspondente à localização da primeira varredura na resina Filtek Z350 na amostra 12. a) Ponteira do perfilômetro. b) Porção/metade superior da restauração.	55
Figura 12 – Imagem correspondente ao fim das varreduras na resina Filtek Z350 na amostra 12. a) Ponteira do perfilômetro. b) Porção/metade inferior da restauração. c) Gráfico gerado em cada varredura.....	56
Figura 13 – Exemplo de gráfico gerado em cada varredura. a) Porção correspondente a margem em esmalte. b) Porção correspondente à resina (restauração). c) Valamanto marginal.	56

Figura 14 - Montagem da amostra na máquina de escovação: a) amostra fixada na placa acrílica; b) placa acrílica; c) cuba acrílica.59

Figura 15 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). Observa-se a dificuldade de se obter um polimento e lisura inicial na amostra. As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas pelos procedimentos de acabamento e polimento.....61

Figura 16 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica depressão que sugere o deslocamento de um agrupamento de partículas. O círculo mostra partículas de forma irregular expostas após o ensaio de escovação.62

Figura 17 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas e seus agrupamentos. O círculo mostra partículas com forma irregular expostas após o ensaio de escovação.62

Figura 18 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica depressão que sugere o deslocamento de um agrupamento de partículas. Na figura da direita pode ser observado um padrão de desgaste (indicado pelas linhas) com ranhuras formadas pelo deslocamento de partículas e exposição da matriz.62

Figura 19 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na figura da direita observa-se maior quantidade de matriz envolvendo as partículas, com menor número de depressões sugerindo maior homogeneidade na superfície pelo provável deslocamento das partículas.....63

Figura 20 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). Observa-se a dificuldade de se obter um polimento e lisura inicial na amostra, as setas mostram ranhuras e depressões que sugerem o deslocamento de partículas pelos procedimentos de acabamento e polimento. Na figura da direita já estão expostas as partículas de carga.63

- Figura 21** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de agrupamentos de partículas (na esquerda) e pequenas partículas (direita). O círculo partículas expostas após o ensaio de escovação. 63
- Figura 22** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas. Os círculos: área de exposição da matriz sugerindo o “arrancamento” de um grupo de partículas pela escovação. 64
- Figura 23** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na direita observa-se menor quantidade de partículas quando comparada com a figura após 2 anos de escovação, sugerindo o deslocamento de grande quantidade da porção inorgânica e conseqüente perda de massa após o ensaio de abrasão. 64
- Figura 24** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas. Na direita observa-se novamente muitas partículas expostas após o desgaste da matriz resinosa. 64
- Figura 25** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). A matriz recobre totalmente as partículas de carga, aspecto bem homogêneo. 65
- Figura 26** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). Houve a remoção da camada superficial da matriz e exposição das partículas arredondadas e os aglomerados (indicados pelos círculos). 65
- Figura 27** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica pequenas depressões sugerindo que partículas foram deslocadas. 65
- Figura 28** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na direita observa-se maior quantidade de matriz exposta. O círculo indica depressão que sugere o deslocamento de um aglomerado de partículas. 66

- Figura 29** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Novamente maior quantidade de partículas quando comparado com as micrografias após 4 anos de escovação sugerindo que houve o desgaste da matriz..... 66
- Figura 30** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). O aspecto “embaçado” indica que existe uma fina camada de matriz recobrindo as partículas e aglomerados..... 66
- Figura 31** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). Ainda observa-se a presença da matriz recobrindo a carga. As setas indicam pequenas depressões sugerindo o início do deslocamento das partículas..... 67
- Figura 32** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões sugerindo o deslocamento de pequenas partículas (na direita) e um aglomerado (na esquerda). Percebe-se maior definição das partículas no interior da matriz resinosa. 67
- Figura 33** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Maior quantidade de depressões (setas). No círculo: área de matriz exposta indicando o deslocamento de aglomerado de partículas..... 67
- Figura 34** – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Maior quantidade de partículas expostas sugerindo o desgaste da matriz resinosa após a escovação. 68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos compósitos restauradores utilizados na pesquisa.....47

Tabela 2 - Comparação dos valores médios de valamento marginal (μm) das resinas compostas em cada período de abrasão por escovação. 60

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Sigla	Significa
-	Menos
%	Por cento
<	Menor
>	Maior
µm	Micrometros
p-MBS	3-(3-metoxi-4-metacriloloxifenil) propiltrimetoxisilano
4F	Nonafluorexil-trimetoxisilano
8F	Heptadecafluordecanyl-trimetoxisilano
3-MPS	3-metacriloloxipropiltrimetoxisilano
ANOVA	Análise de Variância
ATES	Aliltriethoxisilano
ACTA	<i>Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam</i>
ADA	<i>American Dental Association</i>
Ba-Al	Bário Alumínio
BIS-GMA	Bisfenol-A Glicidil Metacrilato
BIS-EMA	Bisfenol Etil Metacrilato
CA	Califórnia
°C	Grau Celsius
ciclos/s	Ciclos por segundo
ciclos/min	Ciclos por minuto
cm	Centímetros
EDS	Energia dispersiva de Rx
et al.	et alli (e outros)

FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
h	Hora(s)
H _z	Hertz
g	Gramas
gF	Gramas Força
GPa	Gigapascal
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IADR	<i>International Association for Dental Research</i>
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma Força
LED	<i>Light Emitted Diodo</i> (diodo emissor de luz)
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MET	Microscopia Eletrônica de Transmissão
MFA	Microscopia de Força Atômica
min	Minutos
mg	Miligramas
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mm/s	Milímetros por segundo
MPa	Megapascal
MN	Minessota
MA	Massachusetts
mW/cm ²	Miliwatts por centímetro quadrado
nm	Nanômetro
N	Newton
NC	North Carolina
n ^{o(s)}	Número (s)

OHSU	<i>Oregon Health Sciences University</i>
PA	Pennsylvania
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Ra	Rugosidade Média
RS	Rio Grande do Sul
s	Segundos
SP	São Paulo
TiO ₂	Dióxido de Titânio
TMPT	Trimetilol Propano Trimetilmacrilato
TEGMA	Trietilenoglicol metacrilato
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetracrilato
UDMA	Uretano dimetracrilato
USP	Universidade de São Paulo
USA	United States of América
VHN	Dureza Vickers
X	Veze

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. PROPOSIÇÃO	22
3. REVISÃO DE LITERATURA	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1 MATERIAIS.....	46
4.2 MÉTODO	48
4.2.1 <i>Confecção das amostras</i>	48
4.2.2 <i>Preparos cavitários e confecção das restaurações</i>	49
4.2.3 <i>Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de abrasão</i>	51
4.2.4 <i>Análise do valamento marginal</i>	53
4.2.5 <i>Análise dos dados obtidos com o perfilômetro</i>	57
4.2.6. <i>Análise estatística</i>	57
4.2.7 <i>Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	58
4.2.7.1 <i>Confecção das amostras</i>	58
4.2.7.2 <i>Preparo das amostras para análise superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	59
5. RESULTADOS	60
6. DISCUSSÃO	69
7. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	82

1. INTRODUÇÃO

Desde que a primeira resina composta foi desenvolvida, muitos esforços têm sido realizados para melhorar seu desempenho clínico. Principalmente estudos da matriz resinosa, baseados no desenvolvimento de novos monômeros e pesquisas do conteúdo de carga no que diz respeito ao tamanho de partículas, silanização e desenvolvimento de novas partículas (HU, MARQUIS e SHORTALL, 2003; NIHEI et al., 2008).

A tentativa de muitos pesquisadores de melhorar a resistência à abrasão dos compósitos direcionou os estudos para a modificação das partículas de carga. Pesquisas relacionadas à porção inorgânica das resinas compostas são de grande relevância, já que suas propriedades dependem muito da concentração, distribuição e do tamanho das partículas. A resistência à abrasão, a resistência à compressão, a dureza, a resistência flexural, o módulo de elasticidade e a contração de polimerização são exemplos dessas propriedades (KIM, ONG e OKUMO, 2002; HU, MARQUIS e SHORTALL, 2003).

Uma maior resistência à abrasão tem sido alcançada modificando-se a composição, tamanho, formato e distribuição das partículas de carga das resinas compostas (LIM et al., 2002; WAKAMATSU, KAKUTA e OGURA, 2003; FERRACANE, 2006; TURSSI et al., 2007). A incorporação de carga com partículas de pequeno tamanho, com o objetivo de reduzir o seu deslocamento no desgaste abrasivo, eleva a resistência à abrasão das resinas compostas (SUZUKI et al., 1995; CONDON e FERRACANE, 1997), sendo que a maior resistência à abrasão contribui para a longevidade dos materiais restauradores e, conseqüentemente, para a manutenção da estética e função dos dentes restaurados (HEINTZE et al., 2006; NIHEI et al., 2008).

Um dos mais importantes avanços nestes últimos anos é a aplicação da nanotecnologia nos compósitos odontológicos. A nanotecnologia é conhecida pela produção e manipulação de materiais e estruturas com dimensões de 0,1–100 nm,

por métodos físicos e químicos. As novas partículas de carga alcançam de 5–100 nm (MITRA, WU e HOLMES, 2003).

Para restauração de dentes posteriores, os materiais devem possuir melhores propriedades mecânicas, enquanto que, para a restauração de dentes anteriores, melhores qualidades estéticas (MITRA, WU e HOLMES, 2003). As resinas compostas, nanoparticuladas ou com a incorporação da nanotecnologia, apresentam propriedades mecânicas comparáveis às das universais e podem, conseqüentemente, ser utilizadas para a mesma indicação clínica, assim como para restaurações anteriores devido às suas propriedades estéticas (BEUN et al., 2007). Segundo o fabricante, o índice de desgaste destas resinas é menor e a retenção de polimento da restauração maior (MITRA, WU e HOLMES, 2003; YESIL et al., 2008).

O desgaste das estruturas dentárias e materiais restauradores é um processo complexo, pois envolve abrasão, adesão, fadiga, erosão e fricção, que interagem entre si (MAIR, 1992; CHIMELLO et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2005). Procedimentos comuns como a higienização bucal, pela associação da escova e do dentifrício, podem desgastar o material restaurador, aumentando a rugosidade superficial e podendo potencializar esse desgaste com o passar do tempo (MAIR, 1992; FERREIRA et al., 2002). O desgaste pela escovação pode ocorrer em qualquer superfície do dente, mas é mais comum na face vestibular, região geralmente restaurada com materiais estéticos como as resinas compostas. Com o aumento da rugosidade superficial do material pode haver maior retenção de placa e a pigmentação, principalmente das margens da restauração, influenciando nas propriedades estéticas das resinas compostas (AKER, 1982; CHIMELLO et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2005; SENAWONGSE e PONGPRUESKA, 2007). As alterações na superfície da restauração, após a escovação com dentifrício, dependem da composição e de algumas características inerentes às resinas compostas (RATANAPRIDAKUL, LEINFELDER e THOMAS, 1989; KAWAI, IWAMI e EBISU, 1998; CHIMELLO et al., 2001; WAKAMATSU, KAKUTA e OGURA, 2003; TEIXEIRA et al., 2005; KON, KAKUTA e OGURA, 2006).

A formação de uma fenda ou valamento nas margens de restaurações também pode ser considerada uma conseqüência do seu envelhecimento no meio

oral. Essa perda de massa, principalmente nas resinas compostas, pode ter como resultado a infiltração marginal (SÖDERHOLM et al., 1984; KAWAI e LEINFELDER, 1995), bem como a alteração da anatomia funcional e estética das restaurações (AKER, 1982), podendo indicar sua substituição antes mesmo de uma falha adesiva.

Para a avaliação *in vitro* das margens de restaurações tem sido utilizada a observação através de MEV pela técnica direta e indireta. A avaliação diretamente nos espécimes (técnica direta) exige procedimentos que promovem a desidratação progressiva das amostras, podendo ocasionar o surgimento de artefatos como trincas nas restaurações, aumentando o valamento marginal. A fim de diminuir os problemas da desidratação das amostras, alguns autores vêm utilizando moldes com materiais à base de polivinilsiloxano e modelos de resina epóxica para efetuar a MEV (técnica indireta) (ULUSU, ÖZTAS e TULUNOGLU, 1996; SUZUKI et al., 1995; KAWAI e LEINFELDER, 1995; FERRACANE e CONDON, 1999; FERRACANE, 2006).

Em diversos estudos *in vitro* o perfilômetro tem sido utilizado como instrumento para medir a rugosidade superficial de materiais submetidos a diferentes testes de abrasão (LIM et al., 2002; TURSSI, FERRACANE e SERRA, 2005; TEIXEIRA et al., 2005; TURSSI et al., 2007; SENAWONGSE e PONGPRUESKA, 2007; YESIL et al., 2008). Ou ainda, para avaliar o perfil, além de quantificar o desgaste ao longo do tempo, após ensaios de abrasão ou atrição (SUZUKI et al., 1995; CONDON e FERRACANE, 1996; CONDON e FERRACANE, 1997; YAP, TAN e CHUNG, 2004; TURSSI, FERRACANE e VOGEL, 2005; TURSSI et al., 2007; YESIL et al., 2008).

Portanto, tendo o conhecimento de que com um perfilômetro pode-se obter o perfil de uma superfície (SUZUKI et al., 1995; FERRACANE e CONDON, 1999; WAKAMATSU, KAKUTA e OGURA, 2003), nesta pesquisa foi proposta a sua utilização para avaliação da interface dente/restauração e obtenção da medida do valamento marginal após diversos períodos de escovação simulada. Por ser uma técnica não destrutiva, a mesma amostra pode ser avaliada longitudinalmente, podendo-se assim estabelecer o comportamento dos compósitos ao longo dos períodos avaliados e os efeitos da escovação nas margens da restauração

(TEIXEIRA et al., 2005; TURSSI et al., 2007). Tendo em vista as considerações levantadas, a hipótese que estimulou a realização desta pesquisa foi que as resinas compostas nanoparticuladas apresentam maior resistência à abrasão, no que diz respeito à medida de valamento marginal, quando comparadas com resinas híbridas (sem a presença de nanopartículas), após ensaio de abrasão por escovação.

2. PROPOSIÇÃO

Esta pesquisa teve como objetivos:

1. Avaliar, *in vitro*, o valamento marginal, por perfilometria, de compósitos híbridos e nanoparticulados submetidos ao ensaio de abrasão por escovação simulando os períodos de 1, 2, 4 e 6 anos.

2. Observar a morfologia, em MEV, de compósitos híbridos e nanoparticulados após o ensaio de abrasão por escovação simulando os períodos de 1, 2, 4 e 6 anos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Em 1980, O'Brien e Yee, através de microscopia eletrônica de varredura, examinaram 10 restaurações feitas em diferentes pacientes, que foram removidas após estarem em boca por um período de 3 a 8 anos, com o propósito de observar os mecanismos de desgaste e determinar a quantidade de material perdido. De acordo com as microscopias observadas, os autores verificaram que o desgaste das restaurações de resina composta pode resultar dos seguintes mecanismos: desgaste da matriz resinosa, perda da carga por falha na união com a matriz, através do cisalhamento das partículas expostas, através de rachaduras e fendas da matriz e exposição das bolhas de ar.

Aker, em 1982, comparou a resistência à abrasão por escovação de resinas compostas de macro e/ou micropartículas, utilizando como grupo controle uma resina acrílica sem carga. Para o teste de abrasão foi utilizada uma máquina de escovação. A frequência empregada foi de 66 rotações por minuto, resultando em aproximadamente 16.000 ciclos por hora, equivalente a 22 ciclos, duas vezes ao dia, durante 1 ano. Após análise das amostras em MEV, observou-se que a característica da superfície abrasionada por escovação era diretamente relacionada com o maior tamanho das partículas de carga inorgânica do compósito. A combinação de macro e micropartículas em uma resina composta podem resultar em um material com lisura inicial semelhante ao esmalte, porém adquire uma superfície tão rugosa como as resinas compostas convencionais após a abrasão por escovação, com mesmo potencial de manchamento e irritação gengival. O tamanho das partículas pode também afetar a resistência à abrasão de uma resina composta. As partículas de carga inorgânica são duras e resistentes à abrasão. A perda de volume resultante da abrasão é causada pela combinação da remoção de uma matriz resinosa frágil e um eventual deslocamento de algumas partículas.

Em 1984, Söderholm et al. procuraram relacionar a degradação hidrolítica de compósitos dentais à presença de fendas, rachaduras e ao deslocamento de partículas. A correlação entre infiltração e formação de fendas na matriz parece existir em todos os compósitos, exceto para as resinas de micropartículas. Essas

depressões ou rachaduras foram explicadas, após analisar a estrutura superficial dos compósitos em MEV, concluindo que o aumento da pressão osmótica na interface carga/matriz se deve à degradação hidrolítica das partículas. Sobre a investigação de materiais, os autores concluíram que a resina de micropartícula foi o material mais estável em ambiente úmido no que diz respeito à formação de fendas.

Fatores que contribuem para o desgaste excessivo em resinas compostas de dentes posteriores foram analisados, em 1989, por Ratanapridakul, Leinfelder e Thomas. A taxa de desgaste de resinas compostas posteriores depende do tamanho das partículas de carga. Normalmente, resinas compostas de micropartículas apresentam maior resistência ao desgaste do que as que contêm partículas de carga maiores que 1 μm , além de exibirem uma taxa de desgaste mais linear. Um estudo clínico foi executado para determinar a influência dos procedimentos de acabamento nesta questão. Exceto para os primeiros 30 dias, a resistência ao desgaste foi significativamente maior para o grupo que não recebeu acabamento comparado com aquele que recebeu acabamento convencional utilizando broca carbide 12 lâminas e pedras montadas de óxido de alumínio e *spray* de água. A diferença média de desgaste entre os dois grupos foi de aproximadamente 60 μm . Concluíram que a eliminação do procedimento de acabamento na superfície oclusal resulta em substancial redução no desgaste.

Em 1992, Mair realizou uma revisão bibliográfica com o objetivo de esclarecer alguns conceitos e terminologia utilizada na definição do desgaste em odontologia. O desgaste é um processo natural que ocorre quando duas ou mais superfícies movem-se em contato uma com a outra. Segundo o autor, os mecanismos fundamentais do desgaste em ambiente oral são: a abrasão (de dois e três corpos), desgaste adesivo, desgaste por fadiga, desgaste erosivo e desgaste corrosivo. Com relação à terminologia encontrada na literatura odontológica utilizam-se: *atrição*, *erosão* e *abrasão* para descrever o desgaste dos materiais restauradores e tecidos dentários. A *atrição* está relacionada ao desgaste quando há o contato direto entre duas superfícies dentárias ou dente/restauração, podendo ocorrer tanto na superfície oclusal quanto na região interproximal. O termo *erosão* é usado para descrever a perda do tecido dentário ou material resultante da ação de soluções ácidas geralmente provenientes da dieta. “*Abrasão*” é utilizado para descrever o

desgaste de restaurações em sítios sem contato oclusal. Como consequência da abrasão pode ocorrer a perda de massa do material restaurador e a exposição das margens em tecido dentário. Exemplos de forças que promovem a abrasão são as exercidas pela escovação e pela mastigação com a interposição do bolo alimentar. O autor conclui que o desgaste é um fenômeno muito complexo que é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos, podendo resultar da ação de contato direto entre dentes e entre dente e restauração durante a mastigação, hábitos parafuncionais, ou ainda da ação da escova juntamente com o dentífrico durante a escovação, além dos efeitos relacionados à dieta ou refluxo.

Suzuki et al. (1995) avaliaram a relação entre propriedades mecânicas (dureza e resistência à compressão), resistência à abrasão e o tamanho e forma das partículas de carga de seis resinas compostas experimentais (à base de UDMA/TEGDMA). Diferentes tipos de partículas de carga foram avaliadas: esféricas em quatro tamanhos (9,88; 2,01; 0,62 e 0,20 μm) e irregulares em dois tamanhos (9,46 e 1,97 μm). A resistência à abrasão foi avaliada *in vitro* utilizando teste de abrasão de três corpos. Para verificar o desgaste foram utilizados a técnica de réplica e um perfilômetro. Os compósitos contendo as menores partículas esféricas apresentaram a maior resistência mecânica e maior resistência à abrasão. Os compósitos com partículas esféricas maiores apresentaram a menor resistência à abrasão. Não houve diferença significativa entre os compósitos com tamanho similar de partículas, independente da forma. A análise em MEV mostrou que somente partículas maiores apresentam algum deslocamento após o teste de abrasão. Os compósitos com partículas menores esféricas apresentaram melhor resistência mecânica e maior resistência à abrasão. Os autores atribuem estes resultados à diferença existente na distribuição do estresse provocado pela carga de abrasão. Nas partículas irregulares há maior concentração do estresse nos ângulos enquanto nas esféricas a distribuição é mais homogênea gerando um menor índice de desgaste.

Com o intuito de investigar o efeito da união dos compósitos resinosos na degradação marginal, Kawai e Leinfelder (1995) avaliaram cinco compósitos em restaurações classe I com e sem os procedimentos adesivos de condicionamento ácido e aplicação de agentes de união. Os dentes restaurados foram submetidos à

teste de abrasão de três corpos (400.000 ciclos), e a altura da margem de esmalte exposta na interface foi determinada com o auxílio de um perfilômetro e MEV utilizando a técnica de réplica. Como resultados os autores encontraram que o apropriado condicionamento dos tecidos dentários e a correta aplicação dos agentes de união reduz a degradação marginal, assim como exposição de esmalte na interface dente/restauração após cargas repetidas.

A necessidade de avaliar a resistência abrasiva dos materiais tem levado ao desenvolvimento de uma ampla variedade de máquinas de testes que simulam esse mecanismo. Em 1996, Condon e Ferracane desenvolveram um equipamento que simula o ambiente oral (OHSU) que poderia simultaneamente incorporar aspectos clínicos de desgaste e comparar os resultados obtidos com outros da literatura. De acordo com o funcionamento da máquina, uma cúspide de esmalte exerceu uma força de 20 N em uma trajetória de 8 mm na superfície dos compósitos testados, produzindo um desgaste abrasivo. No fim deste processo, uma força de 70 N produziu um desgaste localizado por atrição. Esta seqüência se repetiu por 50.000 ciclos a 1,0 Hz de freqüência. Os materiais testados foram: Clearfil Foto-Posterior, Estilux Posterior, Fulfil, Heliomolar RO, Herculite XR, Occlusion, P-30 APC, P-50 APC, Prisma TPH, Silux Plus, Z100 e o amálgama Dispersalloy. O acabamento dos espécimes foi realizado com lixas de carbetto de silício de granulação nº 600 e 1000 e o polimento com pasta diamantada. Os antagonistas foram fragmentos de esmalte obtidos de molares humanos extraídos, e o teste foi de abrasão três corpos com pasta abrasiva. Um perfilômetro foi utilizado para quantificar o desgaste na superfície dos materiais. Análise de regressão linear foi utilizada para correlacionar os resultados obtidos com resultados de estudos clínicos, assim como resultados obtidos em outros estudos *in vitro*. As superfícies abrasionadas das amostras foram observadas em MEV. O menor índice de desgaste foi obtido pelo amálgama e compósitos microparticulados com menores partículas. Em geral, os materiais com maior tamanho médio de partículas provocaram maior desgaste no esmalte antagonista. Não existiram diferenças entre desgaste por atrição e por abrasão para a maioria dos compósitos. Houve uma forte correlação entre os resultados obtidos com esta nova máquina de abrasão simulada com os resultados de estudos clínicos citados na literatura.

Em 1996, Ulusu, Öztas e Tulunoglu, realizaram um estudo utilizando MEV para avaliar a adaptação de dois materiais fotoativados para forramento: o Calcimol LC (material a base de hidróxido de cálcio da Vocco) e o Ionoseal (a base de ionômero de vidro da Vocco), após o emprego de duas técnicas de inserção do material restaurador (Clearfil, Kuraray) na cavidade: a incremental (dois incrementos) e a de incremento único. Os autores utilizaram a metodologia descrita por Gwinnett, em 1988, para avaliação da adaptação marginal dos materiais estudados. Esta metodologia emprega uma impressão com polivinilsiloxano para reproduzir a relação entre restauração e o tecido dentário. Para tanto, 28 cavidades classe I foram confeccionadas e divididas em 4 grupos variando material e técnica de inserção. Os espécimes foram incluídos em resina acrílica, seccionados longitudinalmente no centro da restauração sendo realizada a impressão de cada superfície seccionada. As superfícies dentárias e as impressões foram observadas e comparadas em MEV. Nas amostras de estrutura dentária, foram verificados *gaps* extras não aparentes nas amostras das impressões. Os autores afirmaram que estes *gaps* provavelmente resultam do processo de desidratação dos tecidos para a observação em MEV. Ressaltaram que a técnica de observação das réplicas (técnica indireta) permite eliminar estes falsos *gaps*. Os autores concluem que a combinação das observações direta e da réplica em MEV promoveu resultados mais precisos.

Para avaliar a resistência à abrasão de resinas compostas com variações de conteúdo de carga, tratamento das partículas e grau de polimerização, Condon e Ferracane (1997) realizaram um estudo simulando abrasão por desgaste oclusal. Três séries de compósitos experimentais foram testadas: I) com 62% de carga e 100% das partículas tratadas com agente de união silano, sendo que o tempo de polimerização variou de 9, 12, 25, 40 segundos (resinas A, B, C, D) e resina E com polimerização complementar com calor (120°C) durante 10 min; II) resinas D, F, G, H e I com variações no conteúdo de carga de 62, 53, 48, 37 e 28% em volume; III) resinas D, J, K, L e M, nas quais a proporção de partículas silanizadas variou de 100, 80, 60, 40 e 20%. As amostras de resina (n=5) foram avaliadas em perfilômetro após 50.000 ciclos com 1 Hz em máquina simulando abrasão e atrição, tendo esmalte como antagonista. Somente a resina E (que recebeu polimerização adicional com calor) apresentou diferença significativa com relação à profundidade de desgaste, apresentando o menor índice. O maior desgaste esteve relacionado

com a menor quantidade de carga, e o desgaste aumentou à medida que a porcentagem de partículas silanizadas reduziu. Os autores concluíram que fatores relacionados com o grau de polimerização, conteúdo de carga e tratamento das partículas possuem relação direta com a resistência à abrasão dos compósitos testados.

O trabalho conduzido por Momoi et al., em 1997, comparou a taxa de desgaste abrasivo e a alteração da rugosidade superficial do ionômero de vidro convencional e do ionômero de vidro modificado por resina quando sujeitos à abrasão por escovação. Espécimes de cada material foram preparados e montados em suportes opostos aos seis suportes de cabeça das escovas, de forma que as cerdas estivessem perpendiculares às amostras e tocassem em suas superfícies sem curvar-se. Foi utilizada uma velocidade de 160 ciclos por minuto, totalizando 20.000 ciclos, com uma carga de 3,4 N nas escovas. O dentifrício apresentava um abrasivo de hidróxido de alumínio em uma concentração de aproximadamente 50% e não foi diluído em água para não alterar a concentração do abrasivo. Após o teste, a superfície do material foi lavada com água, seca com ar e 3 leituras de cada material foram realizadas em perfilômetro. Os materiais foram analisados em MEV e a dureza superficial também foi mensurada. Estatisticamente a menor resistência à abrasão e dureza superficial foi observada no ionômero de vidro modificado por resina. Observações no MEV mostraram uma significativa rugosidade superficial em todos os materiais com ionômero de vidro.

Kaway, Iwami e Ebisu (1998) compararam a resistência à abrasão por escovação de 7 diferentes resinas experimentais com diferentes composições quanto aos monômeros resinosos (Bis70/TEG30, Bis60/TEG40, Bis50/TEG50, Bis40/TEG60, UDMA100, UDMA50/TEG50, TMPT50/TEG50). Os experimentos resultaram da mistura de 4 tipos de monômeros resinosos (Bis-GMA, UDMA, TMPT e TEGDMA), canforoquinona - iniciador (1% em peso), dimetilaminoetil metacrilato - acelerador (2%) e 2,6-di-tert-butil-p-cresol - inibidor (0,05%). Os espécimes de resina foram estocados em ar por 2 semanas e colocados em uma máquina de testes de abrasão por escovação. Após 100.000 ciclos, a perda do desgaste de cada espécie foi determinada pela alteração de peso ocorrido durante o teste. Os resultados mostraram que resinas com TMPT-TEGDMA apresentaram a maior resistência ao

desgaste, enquanto que as resinas contendo Bis-GMA e UDMA tiveram maior resistência ao desgaste quanto maior o conteúdo de TEGDMA. Para os autores, a resistência à abrasão de resinas compostas depende da qualidade da carga, da matriz de resina e da interface carga/matriz; entretanto, a propagação das fraturas ocorre mais freqüentemente na matriz de resina. O grau de conversão de polimerização está diretamente relacionado com a diminuição de monômeros aromáticos de Bis-GMA e o aumento de monômeros diluentes, como o TEGDMA. O menor grau de polimerização é considerado a causa de maior abrasão devido às propriedades físicas inferiores das resinas compostas.

Ferracane e Condon (1999) compararam a suscetibilidade de compósitos com diferentes tamanhos de partículas à degradação marginal, após teste de abrasão, utilizando um simulador do ambiente oral (OHSU). Seis marcas comerciais de resinas compostas foram avaliadas: Silux Plus (3M/ESPE) e Heliomolar (Ivoclar-Vivadent) com tamanho médio de partículas em torno de 0,04 μm ; Z100 (3M/ESPE) e Herculite XR (Kerr) com tamanho médio de partículas menor que 1 μm ; resinas Fulfil (Caulk/Dentsply) e Clearfil Posterior (Kuraray) com tamanho médio de partículas maior que 1 μm . Incisivos bovinos tiveram as raízes removidas com disco diamantado e faces vestibulares planificadas com lixas de carbetto de silício. Nesta superfície plana foram confeccionadas cavidades com dimensões de 5 x 3,5 x 2 mm (mesio/distal x gengivo/incisal x profundidade) com todas as margens em esmalte. Após o protocolo adesivo, cada cavidade foi restaurada com dois incrementos de resina, fotopolimerizados separadamente por 60 s. Todos os dentes foram armazenados durante 24 h a 37°C e a seguir incluídos em resina acrílica. O acabamento foi realizado com lixas de carbetto de silício n^{os} 400, 600 e 1000 em conjunto com uma pasta diamantada (5 μm). Os espécimes (n=10) foram limpos em ultra-som por 1 min e o teste de abrasão foi conduzido no simulador de desgaste OHSU. A seguir foram realizadas impressões da superfície restaurada com material à base de polivinilsiloxano. A análise das réplicas foi limitada à margem incisal da restauração, e a degradação marginal foi determinada com a utilização de um perfilômetro perpendicular à margem. As áreas de perda de volume do compósito e do dente foram quantificadas por um software. Uma perda de volume estimada de cada material foi obtida pela combinação dos resultados dos 10 traçados que cobriram toda a região de degradação marginal. Os resultados foram submetidos a

ANOVA one-way e ao teste de Tukey ($p < 0,05$). Os autores observaram um desgaste significativo na margem da restauração, e os resultados de degradação marginal foram maiores nas resinas microparticuladas e com menores partículas que nas resinas com partículas maiores. Pode-se afirmar que houve maior degradação no esmalte quanto maior a degradação da margem. A degradação marginal apresentou forte correlação inversa com a resistência à fratura para estes compósitos avaliados. Os autores concluíram que as propriedades dos compósitos possuem grande importância na integridade marginal da restauração, determinando sua resistência à degradação da margem dente/restauração.

Chimello et al., em 2001, relataram que o desgaste clínico de uma restauração pode resultar dos contatos cêntricos e funcionais, da atrição do bolo alimentar, das áreas de contato interproximais, bem como, da escovação, pela ação da escova e do dentífrico. O desgaste é um processo complexo, pois envolve abrasão, adesão, fadiga, erosão e fricção, que interagem entre si. O desgaste por escovação pode ocorrer em qualquer superfície do dente, mas é mais comum na face vestibular. A resistência à abrasão de um material pode ser avaliada através da perda de massa e lisura superficial. A rugosidade superficial pode levar a um aumento da retenção de placa e manchamento, influenciando também nas propriedades estéticas das resinas compostas. O objetivo deste trabalho foi comparar, *in vitro*, o desgaste e a rugosidade superficial de diferentes compósitos resinosos após o ensaio de abrasão por escovação. A máquina usada para simular escovação foi do tipo Pepsodent (USP – Ribeirão Preto). O dentífrico foi utilizado na proporção de 1:1 com água destilada. A escovação foi realizada por movimentos horizontais da escova posicionada perpendicularmente sobre o corpo-de-prova, com um peso de 200 g, excursão de 3,8 cm, frequência de 2 ciclos/s e tempo total de escovação de 100 minutos. Os autores sugeriram que as alterações na superfície do material, após a escovação com dentífrico, dependem da composição e das características inerentes à resina composta, sendo necessários estudos adicionais a respeito do tipo, quantidade e arranjo da carga, para verificar a influência nas propriedades mecânicas.

Kim, Ong e Okumo, em 2002, realizaram pesquisa com os objetivos de classificar alguns dos compósitos disponíveis no mercado segundo o peso e a

morfologia de suas partículas de carga, avaliar a influência da morfologia destas partículas no peso da carga inorgânica e verificar o seu efeito nas seguintes propriedades: dureza, resistência, módulo flexural e resistência à fratura destes compósitos. Foram avaliadas 14 marcas comerciais de resinas compostas. Através da observação em MEV e EDS, as resinas foram classificadas em 4 grupos, segundo a morfologia das partículas de carga: pré-polimerizadas, irregulares, pré-polimerizadas e irregulares misturadas e partículas esféricas ou arredondadas. O peso do conteúdo de carga foi determinado pelo método convencional de queima e eliminação da porção orgânica dos compósitos, e o volume calculado utilizando o peso e a densidade da carga de cada elemento que compõe a porção inorgânica. A microdureza Vickers foi avaliada em um microdurômetro, o módulo e a resistência flexural em máquina de testes Universal, e para determinar a resistência à fratura foi realizado o teste de flexão de 3 pontos. Os dados obtidos foram comparados por ANOVA e teste Múltiplo de Duncan ($p < 0,05$). Como resultados os autores afirmaram que o peso da carga foi influenciado pela morfologia de suas partículas. Os compósitos com partículas pré-polimerizadas apresentaram o menor conteúdo de carga inorgânica (25% e 50% de peso e volume, respectivamente) e os compósitos com partículas arredondadas o maior conteúdo de carga (59% e 60% de peso e volume, respectivamente). As resinas com maior volume inorgânico exibiram a maior resistência flexural (120 a 129 MPa), maior módulo flexural (12 a 15 GPa) e dureza (101 a 117 VHN). A resistência à fratura também teve relação com o volume de carga dos compósitos, e os valores de resistência máxima foram encontrados quando a carga ficou em um nível próximo a 55% do volume.

Ferreira et al. (2002) relataram que os compósitos sofrem alterações microestruturais semelhantes, geralmente encontradas nas áreas de contato oclusal irradiando-se por toda superfície oclusal da restauração, independentemente de sua composição. Microdefeitos ou microfendas estruturais são gerados pelos esforços mastigatórios normais e também podem resultar do processo de acabamento e polimento da superfície da restauração, aumentando, dessa forma, a rugosidade superficial da restauração. Este desgaste pode ser potencializado com o tempo através de procedimentos de higienização bucal pela associação da escova dental e do dentífrico. Neste trabalho os autores avaliaram a efetividade de um selante de superfície Fortify (Bisco) e de um agente de união (Scotchbond Multi Uso – 3M,

Syntac Single – Vivadent) aplicados sobre a superfície dos compósitos Tetric Ceram e Z100, antes e após o teste de abrasão por escovação simulada. Para o ensaio de escovação, utilizou-se uma máquina de escovação Equilabor, escovas dentais e dentífrico. O dentífrico (6g) foi diluído em água destilada (6ml) e despejado sobre cada corpo-de-prova de resina. As escovas foram posicionadas perpendicularmente sobre cada corpo-de-prova e movimentos lineares, com velocidade de 250 ciclos/min e carga de 200 g, simularam os procedimentos de higiene bucal. Para simular 6 meses de escovação, foram realizados 5.000 ciclos durante 20 minutos e, referente a um ano de escovação, 10.000 ciclos durante 40 minutos. Com os resultados obtidos observou-se que a escovação mecânica aumentou os níveis de rugosidade superficial, independente do tratamento superficial. Os autores concluíram que, na cavidade bucal, a restauração também está sujeita a fatores como mastigação, degradação hidrolítica da matriz e hábitos deletérios que devem ser levados em consideração já que contribuem, em conjunto com a escovação, para o seu desgaste.

Com o objetivo de determinar o efeito do conteúdo de carga e o tratamento de superfície das partículas na resistência à abrasão de compósitos microparticulados, Lim et al. (2002) realizaram um estudo utilizando quatro compósitos com diferentes conteúdos de carga (A=20, B=25, C=30 e D=35% em volume). O tratamento de superfície da sílica coloidal também variou em cada compósito (F= silano funcional, NF= sem silano funcional e U= sem tratamento). O compósito Silux Plus (3M/ESPE) foi utilizado como controle. Os testes de abrasão e atrição foram realizados na máquina de teste OHSU com pasta abrasiva e esmalte humano como antagonista. A superfície dos espécimes foi analisada com o auxílio de um perfilômetro. O padrão de desgaste, a superfície da amostra, assim como a distribuição das partículas de carga foram examinados em MEV e imagem digital. Quanto maior o volume de carga menor foi o desgaste do compósito, independente do tratamento de partículas empregado. A quantidade de desgaste observada nas resinas C e D foi significativamente menor que a observada nas resinas A e B. Os compósitos com silano funcional (F) apresentaram menor desgaste quando comparados com os grupos NF com 30 e 35% de carga, assim como menor desgaste que o compósito sem tratamento e com 30% de carga. Os autores afirmaram que a resistência ao desgaste dos compósitos microparticulados é

melhorada pelo maior volume de carga independente do tratamento das partículas, mas que uma boa adesão da matriz resinosa com a carga é necessária para minimizar este desgaste.

Um novo sistema de teste de abrasão, que utiliza a escovação e a simulação de desgaste oclusal de forma alternada, foi desenvolvido em 2003 por Wakamatsu, Kakuta e Ogura. Os autores avaliaram o comportamento dos seguintes materiais: o polimetilmetacrilato (PMMA, Nikko) e duas resinas compostas (Z100, 3M/ESPE e Clearfil APX, Kuraray) após os três testes de abrasão (desgaste oclusal, escovação e a combinação dos dois). A área da massa perdida foi mensurada para caracterizar as diferenças de comportamento dos materiais após cada ensaio de abrasão. No PMMA e na resina Z100, a abrasão por escovação foi equivalente com a abrasão pela combinação dos dois testes, sugerindo que, nestes materiais, o desgaste pela escovação foi dominante mesmo no teste combinado. Por outro lado, a abrasão por força oclusal foi predominante na resina APX. Foi observado que a resina Z100 apresentou tanto perda da matriz quanto as partículas de carga após o teste de abrasão por escovação, enquanto a APX perdeu principalmente matriz resinosa. Os autores explicaram esta diferença de comportamento pela diferença de tamanho das partículas. As imagens da MEV mostraram partículas relativamente maiores na resina APX em comparação com a Z100. Concluíram que tanto o teste de simulação do desgaste oclusal quanto o de escovação são essenciais para a avaliação do comportamento dos materiais restauradores, e a combinação destes dois testes é efetiva para esta análise.

Em 2003, Hu, Marquis e Shortall avaliaram o comportamento de um compósito dental com diferentes concentrações de partículas de carga após um teste de abrasão de dois corpos. Os autores afirmaram que a tentativa de muitos pesquisadores de melhorar a resistência à abrasão dos compósitos direcionou os estudos para a modificação das partículas de carga. A adição de partículas de carga inorgânica dentro de uma matriz resinosa pode melhorar a resistência e as propriedades de manipulação, além de reduzir o coeficiente de expansão térmica e minimizar a contração de polimerização. Os materiais utilizados neste estudo foram: resina BIS-GMA/TEGDMA e partículas de carga zircônia/sílica pré-silanizadas (ambas 3M/ESPE). A resina e as partículas de carga foram manipuladas, sendo

avaliadas diferentes quantidades de carga: 20; 40; 60; 65; 70; 75; 80; 82,5; 85 e 87,5% em peso. As superfícies das amostras receberam acabamento com lixas de carbeto de silício de granulação 800 e 1200. Para o teste de abrasão, foi utilizada uma máquina específica que simula o impacto da carga de ciclos mastigatórios que ocorrem em áreas de contato oclusal descrita em pesquisas prévias dos mesmos autores. Os resultados mostraram um pequeno aumento na taxa de desgaste quando a proporção de carga esteve abaixo de 60%. Entre 60 e 75% a maior parte da superfície de desgaste permaneceu intacta, embora sulcos e pequenas fissuras aparecessem. Entre 80 e 87,5% um aumento elevado no desgaste superficial foi detectado. Os autores concluíram que, no teste de abrasão de dois corpos, a adição de altos níveis de partículas de carga dentro da matriz resinosa pode reduzir a resistência ao desgaste do compósito quando estas partículas apresentarem uma fraca união com a matriz e não conseguirem suportar as forças de cisalhamento friccional e de carga, provocando um deslocamento ou fragmentação das partículas quando em contato com a superfície do antagonista.

Mitra, Wu e Holmes, em 2003, procuraram desenvolver um compósito que pudesse ser utilizado em dentes posteriores e anteriores com alto polimento inicial e pouca retenção superficial (típico de micropartículas), além de apresentar excelentes propriedades mecânicas para suportar situações de estresse (típico dos compósitos híbridos). Com este propósito, foram desenvolvidas nanopartículas e, então, nanocompósitos que contêm modernos metacrilatos e tecnologia de polimerização. Nesta pesquisa foi desenvolvido um novo nanocompósito, Filtek Supreme Universal Restorative (3M/ESPE), que abrange propriedades estéticas e mecânicas. Partículas nanométricas e nanopartículas agregadas deste novo material foram comparadas com compósitos híbridos (Filtek Z250, 3M/ESPE; TPH Spectrum, Dentsply), microhíbridos (EsthetX, Dentsply; Point4, Kerr) e microparticulados (Filtek A110, 3M/ESPE) nas seguintes propriedades: resistência à compressão, resistência à tensão diametral, resistência à fratura, resistência flexural, desgaste *in vitro* de três corpos, retenção de polimento e morfologia superficial após abrasão por escovação. Após a análise estatística (ANOVA e Tukey-Kramer) observou-se que a resistência à compressão, a tensão diametral e a resistência à fratura dos nanocompósitos foram equivalentes ou maiores do que os outros compósitos testados. A taxa de desgaste da Filtek Supreme Standard foi estatisticamente equivalente à da Filtek Z250 e

garantiu maior resistência ao desgaste do que os demais materiais. Os nanocompósitos mostraram maior manutenção de polimento do que os compósitos híbridos e microhíbridos e equivalente ou superior resultado aos microparticulados. Os autores concluíram que o sistema de nanocompósito mantém as propriedades físicas e a resistência ao desgaste semelhante aos compósitos híbridos, além de apresentar polimento, translucidez e manutenção do polimento similar aos microparticulados. Portanto, seu uso estaria indicado para restaurações em dentes posteriores e anteriores.

Yap, Tan e Chung, em 2004, relataram que uma melhora na resistência ao desgaste de compósitos tornou-se possível devido ao uso de diferentes tipos de cargas e partículas de carga menores, mas este continua sendo um problema em situações de estresse. Trabalhos clínicos mostraram que, em áreas de contato oclusal ou desgaste atricional, o desgaste pode ser de 3 a 5 vezes maior do que em áreas livres de contato abrasivo. Neste trabalho, os autores avaliaram a resistência ao desgaste de compósitos recentemente lançados no mercado, como: Filtek Supreme (3M/ESPE) que possui tecnologia de nanopartículas e Admira (Voco) com ormocer - cerâmica organicamente modificada - e compararam suas características de desgaste com compósitos de micropartículas (Filtek A110, 3M/ESPE), microhíbridos (Esthet X, Dentsply; Filtek Z250, 3M/ESPE) e um compósito poliácido modificado (Dyract AP, Dentsply). Para avaliar o desgaste foi realizado um teste de desgaste por fricção, com estresse constante de 20 MPa (com carga de 1,6 kg) contra uma matriz de aço inox circular. Água destilada foi usada como lubrificante. Um perfilômetro avaliou a profundidade de desgaste a cada 5.000 ciclos até completar 20.000 ciclos. Nos primeiros 5.000 ciclos, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, mas com o aumento dos ciclos observou-se um maior desgaste para Filtek Z250 > Dyract > Ormocer > Filtek A110 > Filtek Supreme > Esthet X. A menor resistência ao desgaste da resina composta Filtek Z250 pode ser explicada, segundo os autores, pela fadiga responsável pela falha do material após muitos ciclos com carga. A fadiga por desgaste ocorre como resultado da formação e propagação de microfendas na subsuperfície quando duas superfícies movem-se sob uma carga dinâmica. Este fenômeno parece ocorrer apenas em compósitos que contêm muita carga resistente de zircônia, como Z100 e Filtek Z250, que tendem a absorver o estresse durante os testes de desgaste. Neste

estudo a resistência ao desgaste dos compósitos com nanotecnologia e ormocer foi comparável ou superior aos compósitos de poliácidos modificados, micropartículas e microhíbridos.

Tochetto (2005) realizou estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar a resistência à abrasão por escovação de resinas compostas híbridas e de nanopartícula submetidas à aplicação de um adesivo, um agente de união particulado e três selantes de superfície. Foram confeccionadas 96 amostras com a Filtek Z250 e 96 com a Filtek Supreme (ambas 3M/ESPE), que foram divididas em seis grupos: 1) compósito sem selante (controle), 2) adesivo do Scotchbond Multi-Use Plus (SBMP) (3M/ESPE); 3) agente de união Excite (Vivadent Ivoclar); 4) selante Fortify Plus (Bisco); 5) selante Biscover (Bisco); 6) selante Stern Vantage Varnish LC (Sterngold) e analisadas nos períodos simulados de escovação de 6 meses (5.000 ciclos), 1 ano, 2 anos e controle (sem escovação). Foi realizada a leitura da Ra dos corpos-de-prova, antes e após a escovação, com um Rugosímetro SJ 201 (Mitutoyo). Para o ensaio de abrasão utilizou-se máquina de escovação (velocidade 250 ciclos/min e carga 200 g) 6 g dentífrício e 6 ml de água destilada e escovas dentais. Dois corpos-de-prova de cada grupo foram observados em MEV. Verificou-se que não houve diferença significativa entre Filtek Z250 e Filtek Supreme. Pelas fotomicroscopias, esta camada de proteção formada pelos selantes de superfície permaneceu até o final de 2 anos, mantendo a lisura do compósito. Concluiu-se que o adesivo SBMP e o agente de união Excite não devem ser utilizados para esta finalidade, e que o uso de selantes de superfície garante a manutenção da rugosidade superficial aos compósitos quando submetidos ao ensaio de abrasão por escovação.

Teixeira et al. (2005) realizaram estudo com o propósito de avaliar *in vitro* o desgaste e rugosidade superficial de dois compósitos (Filtek Z250 e Filtek Supreme ambos 3M/ESPE) submetidos a diferentes ciclos de escovação simulada com dentífrício. Dez espécimes de cada resina foram confeccionados seguindo as recomendações do fabricante e polidas com lixas de carbetto de silício nas granulações 320, 400, 600 e 1200. Cada amostra foi submetida à abrasão por escovação, sendo avaliadas antes e após 10.000, 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos (carga com 250 g e velocidade de 1,5 Hz) com um perfilômetro determinando a

média de rugosidade superficial. Nos mesmos intervalos, a perda vertical do material também foi mensurada utilizando um micrômetro de precisão. Também foram realizadas análises em MEV e MFA. Após 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos, a Filtek Supreme apresentou menor perda vertical que a Z250. A Filtek Supreme também apresentou maior rugosidade superficial que a Z250 após 50.000 e 100.000 ciclos. Entretanto, as imagens obtidas nas avaliações em MEV e MFA indicaram uma topografia superficial mais homogênea na Filtek Supreme. A rugosidade superficial e a perda de material aumentaram a cada intervalo avaliado nas duas resinas. Os autores afirmaram que, embora a performance inicial de ambas resinas seja similar, o grande número de ciclos de escovação revelou que existem diferenças entre as duas resinas quanto à resistência à abrasão e rugosidade superficial. Sugeriram que a resina Filtek Supreme possa ser indicada para restauração de áreas mais sujeitas ao desgaste abrasivo da escovação como, por exemplo, restaurações classe V.

Baseados na falta de conhecimento de como as características da carga inorgânica influenciam na resistência à abrasão e no grau de conversão dos monômeros das resinas compostas, Turssi, Ferracane e Vogel (2005) avaliaram o comportamento de materiais com diferentes combinações de forma e tamanhos de partículas de carga frente à abrasão de três corpos e seu grau de conversão de polimerização. Doze compósitos experimentais contendo partículas esféricas ou irregulares com tamanhos entre 100 e 1500 nm foram testados. Os testes foram conduzidos em máquina OHSU e a abrasão foi quantificada após 100.000 ciclos com auxílio de um perfilômetro. O grau de conversão foi mensurado por espectrofotometria na superfície dos compósitos. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando ANOVA one-way e teste de Tukey. O tamanho das partículas e sua geometria possuem efeito significativo na resistência à abrasão e grau de conversão de polimerização dos compósitos. A presença de partículas pequenas esféricas ou irregulares pode aumentar a resistência à abrasão dos compósitos sem comprometer o seu grau de conversão de polimerização.

Turssi, Ferracane e Serra, em 2005, realizaram estudo com o objetivo de avaliar e correlacionar o desgaste com a rugosidade superficial de compósitos microhíbridos e nanoparticulados após diferentes métodos de acabamento e polimento. Dez amostras de cada resina (Filtek Z250 e Filtek Supreme, 3M/ESPE)

receberam uma das 4 seqüências de acabamento e polimento avaliadas determinando quatro grupos a serem testados. Como controle foram utilizadas lixas de carbetto de silício n^{os} 600 e 1200. A rugosidade foi avaliada antes e após o teste de abrasão de três corpos (em máquina OHSU) com perfilômetro. As amostras também foram observadas, em MEV, antes e após a abrasão. Os resultados de rugosidade foram submetidos à análise estatística ANOVA, teste de Tukey e Correlação de Pearson. Independente do tipo de acabamento e polimento utilizado, a resina Filtek Supreme (com nanotecnologia) apresentou menores resultados de rugosidade antes a após o teste de abrasão. Não houve correlação entre a seqüência de acabamento e polimento e os resultados de rugosidade após o teste de abrasão. Os autores afirmaram que os compósitos com nanopartículas podem possuir melhor resistência à abrasão quando comparados com os microparticulados. A ausência de correlação entre a rugosidade alcançada pelas técnicas utilizadas para acabamento e polimento das resinas e a sua resistência à abrasão sugere que o tipo de acabamento e polimento tem influência insignificante na perda de material após a abrasão de três corpos.

Em 2006, Ferracane publicou um artigo que introduz uma série de três artigos provenientes de apresentações realizadas no simpósio “Abrasão dos materiais restauradores intra-orais: revendo a abordagem atual” durante o IADR em 2005. Este simpósio apresentou um panorama dos métodos existentes para simulação da abrasão, além de discutir a respeito do melhor método para sua mensuração e como quantificar e validar os equipamentos simuladores de abrasão. O autor apresentou uma perspectiva histórica sobre o tema, destacando alguns dos primeiros estudos clínicos com a observação de restaurações posteriores utilizando compósitos que demonstraram índices de desgaste de 30-50 µm nos primeiros três anos em boca. Em 2001 a ADA modificou a diretriz para compósitos em restaurações posteriores, incluindo somente avaliações de 18 meses com média máxima de desgaste não excedendo 50 µm. Segundo o autor, este índice, relativamente alto, fez com que a maioria dos materiais disponíveis no mercado fossem aceitos nesta diretriz. Também concluiu que o índice de abrasão varia de acordo com o tamanho da cavidade, localização do dente, material e sua composição quanto às partículas e grau de polimerização do compósito. Finalizando afirmou que o desgaste ou abrasão deve ser uma preocupação dos clínicos quando

compósitos são utilizados para grandes restaurações em dentes posteriores e principalmente em casos de reconstruções oclusais em pacientes com hábitos parafuncionais como o bruxismo. Ressaltou a importância dos estudos *in vitro* e da necessidade de refinamento dos métodos utilizados para quantificar os índices de abrasão.

Em 2006, Lambrechts et al. publicaram um panorama dos métodos utilizados para simular desgaste em odontologia. Seu objetivo foi analisar criticamente os fatores que contribuem para o desgaste, além da capacidade dos equipamentos simuladores de reproduzir as condições do meio oral. Para tanto, foi realizada uma pesquisa através de palavras chaves (desgaste, *in vitro*, materiais dentários e simulação de desgaste) obtendo-se assim informações pertinentes à terminologia empregada, aos testes e equipamentos mais comumente utilizados para simulação de desgaste *in vitro* e sua metodologia. Os autores apresentaram e descreveram cinco termos que poderiam auxiliar na composição de uma definição para o desgaste em odontologia: abrasão de dois corpos, abrasão de três corpos, desgaste por fadiga, desgaste químico (erosão dental) e desgaste adesivo. Na abrasão de três corpos superfícies são esfregadas entre si com a interposição de partículas abrasivas. Exemplificada pela mastigação e interposição do bolo alimentar e pela escovação com escova e dentífrico. No desgaste por fadiga alguns movimentos de moléculas da superfície são transferidos para a subsuperfície ocasionando a ruptura da união intermolecular. Eventualmente são formadas microfraturas sob a superfície e se estas microfraturas chegam à superfície pode haver perda de fragmentos de material induzindo ao desgaste por fadiga. Os autores também ressaltaram alguns fatores complicadores da simulação do desgaste nos testes *in vitro*. Testes que utilizam líquidos devem levar em consideração o efeito da expansão higroscópica e degradação hidrolítica durante os ciclos. Finalizando concluíram apontando como vantagens dos estudos *in vitro*: o controle do tempo, da temperatura, do substrato, a possibilidade de estudar fatores individualmente ou combinados, a avaliação de um grande número de amostras em curto período de tempo e possibilidade de controle de variáveis. Como desvantagens os estudos *in vitro* não reproduzem o ambiente oral na sua totalidade, sendo assim somente tendências e indicações podem ser obtidas.

Em 2006, DeLong teve como objetivos determinar os parâmetros relevantes do desgaste de materiais dentários e fatores que são importantes para a quantificação deste desgaste nos estudos *in vivo* e *in vitro*. O autor descreve os fatores biomecânicos que afetam a mastigação e os mecanismos do desgaste, investigando seu impacto na estrutura dentária e materiais restauradores. Com base nestas informações, definiu vantagens e desvantagens da utilização de medidas como volume, profundidade e área na quantificação deste desgaste. As características de resistência ao desgaste dos materiais dentários são melhores determinadas por estudos *in vivo*, mas estas pesquisas são dispendiosas financeiramente e necessitam mais tempo para obtenção dos resultados. Portanto, torna-se importante determinar alguns limites preliminares testando o potencial dos materiais em avaliações *in vitro*. Ao concluir, o autor afirmou que o desgaste é uma importante consequência das interações que ocorrem no ambiente oral e, se não for controlado, pode ocasionar redução na qualidade de funções como a mastigação e estética, reduzindo a qualidade de vida e possivelmente deteriorando a saúde sistêmica do paciente.

O objetivo do estudo realizado, em 2006, por Heintze et al. foi comparar diferentes métodos para a quantificação do desgaste através da mensuração da perda vertical e de volume. Foram avaliados 16 materiais, incluindo 14 compósitos restauradores, um amálgama e uma cerâmica. O teste utilizado foi o de atrição simulada (Simulador Willytec, 120.000 ciclos, 5 kg de carga e frequência de 1,6 Hz) com antagonista em cerâmica. A perda de volume e a máxima perda vertical foram quantificadas, diretamente sobre os espécimes, com perfilômetro (Perthometer) e sensor óptico (FRT MicroProf) e sobre réplicas com equipamento de escaneamento a laser (Laserscan 3D, Willytec). Segundo os resultados, os autores afirmaram que houve uma boa concordância entre os três métodos avaliados, sugerindo que qualquer um pode ser utilizado para a quantificação de desgaste. Embora o sensor a laser apresente a vantagem quanto à velocidade de obtenção dos resultados, é necessária à confecção de réplicas para a avaliação da superfície.

Em 2006, os efeitos das forças oclusais e da escovação nas resinas compostas foram avaliados por Kon, Kakuta e Ogura através de três testes: abrasão por forças oclusais simuladas, abrasão por escovação simulada e a combinação

alternada de forças oclusais e escovação. Os espécimes foram preparados utilizando quatro resinas compostas (Clearfil AP-X, Kuraray; Z100, 3M/ESPE; Solare P, GC; Solidex-F, Shofu). O volume perdido e a profundidade máxima foram mensurados após a utilização de diferentes forças oclusais (40 e 80 N) e de escovação (1,5 e 3 N) nos três testes de abrasão. Foram confeccionados 32 espécimes de cada compósito com $n = 4$ para cada teste e força empregada. As medidas do perfil da superfície de cada amostra foram obtidas utilizando um microscópio 3D controlado por computador. As superfícies abrasionadas também foram observadas em MEV. Nos três testes, a maior carga utilizada, tanto na força oclusal como na escovação, promoveu maior perda de volume e maior profundidade de desgaste. Os efeitos da força oclusal na perda de volume e profundidade de desgaste variaram nos diferentes compósitos, indicando que os quatro compósitos avaliados possuem comportamento diferente frente às forças de abrasão estudadas. Os autores sugeriram que esta diferença de comportamento deve-se provavelmente às diferenças existentes quanto ao sistema de carga de cada compósito. Nos compósitos com partículas irregulares, o estresse se concentra em áreas adjacentes as partículas mais anguladas, podendo ocasionar pequenos *cracks* e facilitar o desenvolvimento de fraturas resultando em perdas de volume localizadas. As diferenças no tamanho e na forma das partículas de carga podem influenciar na distribuição do *stress* ao redor das partículas sob forças oclusais. Neste estudo, o tamanho e a forma das partículas do compósito Clearfil AP-X foram responsáveis pela grande perda de volume no teste de abrasão por forças oclusais simuladas.

Turssi et al. (2007) realizaram estudo com o objetivo de comparar a resistência à abrasão de resinas compostas indicadas para restauração de dentes posteriores. Setenta e cinco espécimes foram confeccionados com compósitos híbridos convencionais (Charisma e Filtek Z250) e condensáveis (Filtek P60, Solitaire II e Tetric Ceram HB) ($n=15$). O teste de abrasão foi realizado sob carga normal de 13 N, com frequência de 2 Hz em equipamento pneumático com a utilização de saliva artificial. O desgaste foi quantificado com o auxílio de um perfilômetro em 5 pontos diferentes de cada amostra após o término de 1.000, 5.000, 10.000, 50.000 ciclos e a cada 50.000 ciclos até alcançar 250.000 ciclos. Os compósitos Charisma e Filtek Z250 apresentaram índices significativamente menores de desgaste, enquanto o compósito Tetric Ceram HB os maiores índices de

desgaste. Filtek P60 e Solitaire II apresentaram índices intermediários. O padrão de desgaste dos compósitos provou ser bifásico tendo na primeira fase o maior índice. No compósito Z250, um maior número de partículas provavelmente está presente na superfície e, conseqüentemente, uma área de contato maior é estabelecida entre as partículas e o antagonista resultando no aumento da resistência ao desgaste.

Em 2007, Senawongse e Pongprueska avaliaram a rugosidade superficial de 10 compósitos (4 nanoparticulados: Filtek Supreme XT dentina e transparente, Filtek Z350, 3M/ESPE e Estelite Sigma, Tokuyama; 3 nanohíbridos: Tetric EvoCeram, Vivadent; Ceram X, Dentsply e Premise SDS Kerr; 3 microhíbridos: Tetric Ceram, Vivadent; Filtek Z250, 3M/ESPE e Clearfil AP-X, Kuraray) antes e após duas seqüências de polimento (seqüência de discos abrasivos Sof-Lex e pontas de silicone impregnadas Astropol) e ensaio de abrasão por escovação (com carga de 500gF, freqüência: 80 ciclos/min e 20.000 ciclos, 50 g de dentifrício: 80 ml de água destilada). A rugosidade superficial foi determinada por um perfilômetro e observação em MEV. Não foram encontradas diferenças significativas entre os materiais avaliados quando comparados os resultados de rugosidade obtidos nas amostras sem polimento. Para os compósitos nanoparticulados também não houve diferença significativa quando comparados os resultados sem polimento e com as duas seqüências de polimento. Após o ensaio de escovação, a superfície de todos os compósitos, com exceção do Z350 e Filtek Supreme (dentina), apresentaram maior rugosidade superficial quando comparados com os grupos com e sem polimento. A análise em MEV revelou irregularidades nos compósitos correspondendo aos resultados de rugosidade superficial. Após a escovação, tanto os compósitos microhíbridos como os nanohíbridos apresentaram irregularidades e o deslocamento de partículas, não sendo observado o deslocamento de nanoaglomerados nos compósitos nanoparticulados. Relacionando os dados obtidos pela avaliação da rugosidade e observação em MEV, os autores afirmaram que os compósitos que apresentaram maiores índices de rugosidade são os que possuem maiores partículas de carga. Concluíram que a utilização de compósitos nanoparticulados com nanoaglomerados, nas condições deste estudo, garantiu a superfície mais lisa após polimento e escovação.

Beun et al., em 2007, realizaram estudo com o objetivo de comparar a fração inorgânica e propriedades mecânicas de três compósitos nanoparticulados (Filtek Supreme, 3M/ESPE; Grandio e Grandio Flow, Voco), quatro compósitos universais híbridos (Point 4, Kerr; Tetric Ceram, Ivoclar-Vivadent; Venus, Heraeus Kulzer e Z100, 3M/ESPE) e dois compósitos microparticulados (A110, 3M/ESPE e Durafill VS, Heraeus Kulzer). Para a avaliação do conteúdo de carga, o valor em peso das partículas foi mensurado através da análise termogravimétrica, e a morfologia das partículas foi determinada através da observação em MEV. As propriedades mecânicas estudadas foram: o módulo de elasticidade estático e dinâmico, a resistência flexural e a microdureza Vickers. Além disso, o grau de conversão de polimerização dos materiais foi verificado após a utilização de fontes de fotoativação de luz halógena e LED pela espectrofotometria de Raman, sendo os resultados relacionados com a profundidade de polimerização de cada resina. Os índices de carga em peso variaram de 51,3% (Durafill VS) a 84,1% (Grandio). Os compósitos universais apresentaram resultados entre 71% e 79,7%, os microparticulados de 51,3% a 54,9% e os nanoparticulados de 71,9% a 84,1%. Os nanoparticulados apresentaram módulo de elasticidade maior que os compósitos universais e microparticulados, exceto para a resina Z100. Os microparticulados apresentaram os menores resultados nas propriedades mecânicas avaliadas. Os graus de polimerização obtidos com a utilização da luz halógena foram maiores que os resultados com o LED. Ao concluir, os autores afirmaram que resinas compostas nanoparticuladas apresentam propriedades mecânicas comparáveis às universais e podem, conseqüentemente, serem utilizadas para a mesma indicação clínica assim como para restaurações anteriores devido às suas propriedades estéticas.

Yesil et al. (2008) realizaram estudo com o propósito de comparar as características de dois compósitos com partículas nanométricas (Filtek Supreme, 3M/ESPE e Promise, Kerr) com um compósito microhíbrido (Point 4, Kerr) e um microparticulado (Heliomolar RO, Ivoclar Vivadent) após teste de abrasão de três corpos. O teste foi conduzido em máquina que simula o ambiente oral (OHSU) reproduzindo desgaste por abrasão e atrição utilizando como antagonista o esmalte dentário. As superfícies das amostras de resina foram avaliadas com o auxílio de um perfilômetro e obtiveram-se as médias de desgaste abrasivo, desgaste por atrição e a rugosidade superficial. Foi realizada também uma análise qualitativa da superfície

das amostras pela observação em MEV. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre os compósitos avaliados nas medidas de desgaste por atrição. Quanto aos resultados de resistência à abrasão, houve diferença significativa, tendo o compósito microparticulado o menor índice de desgaste abrasivo. Os autores concluíram que a incorporação de nanopartículas não aumentou a resistência ao desgaste por abrasão ou atrição dos compósitos testados.

Xia et al. (2008) realizaram um estudo com o objetivo de verificar se a adição de nanopartículas de TiO_2 tratadas ou modificadas com um organosilano aliltriatoxisilano (ATES) melhoram as propriedades mecânicas de compósitos resinosos. Cinco grupos de compósitos foram preparados: A) sem as nanopartículas de TiO_2 (controle), B) com 0,5% em peso das partículas não modificadas, C) com 0,5% de partículas modificadas com ATES, D) 1% de partículas não modificadas e grupo E) 1% de partículas modificadas com ATES. A microdureza e a resistência flexural foram avaliadas. Para analisar as nanopartículas e sua dispersão foram utilizadas FTIR e MET. As partículas modificadas pelo organosilano apresentaram melhor dispersão, formando aglomerados pequenos o suficiente para deixar a superfície do compósito mais homogênea. Os espécimes com as nano- TiO_2 , modificadas ou não pelo ATES, apresentaram melhores propriedades mecânicas que o grupo controle. A adição de 1% de partículas nano- TiO_2 promoveu melhores resultados que a adição de 0,5% das mesmas partículas. Os autores concluíram que a modificação ou o tratamento das nanopartículas de TiO_2 com o organosilano ATES influencia na dispersão e união da porção inorgânica com a matriz resinosa, elevando a resistência flexural e a microdureza das resinas compostas.

Nihei et al. (2008) avaliaram a resistência à abrasão de compósitos resinosos modificados por um novo silano que contém um grupo fenil hidrofóbico (p -MBS). Um compósito experimental contendo 85% de carga modificada foi sintetizado e agentes silanos hidrofóbicos (p -MBS, 4F, 8F e 3-MPS) foram adicionados formando 4 grupos (4F/3-MPS, p -MBS, 3-MPS, 8F/3-MPS) que foram comparados com as resinas Clearfil AP-X (Kuraray) e ELS (Saremco) e com um grupo do compósito experimental sem adição de silanos. Doze espécimes de cada grupo foram preparados para o teste de abrasão de três corpos em máquina que simula o

ambiente oral (ACTA). O desgaste dos compósitos com as partículas tratadas com ρ -MBS foi significativamente menor quando comparados com os grupos com partículas pré-tratadas com 3-MPS ou com os compósitos AP-X e ELS após 200.000 ciclos. Estes resultados sugerem que as resinas compostas que contêm suas partículas modificadas pelo novo silano hidrofóbico possuem maior resistência à abrasão. Os autores justificaram seus resultados afirmando que as superfícies tratadas com estes silanos apresentam alta afinidade com a matriz resinosa do compósito, formando uma camada altamente hidrofóbica na superfície das partículas.

Rodrigues Junior et al. (2008) realizaram estudo com o objetivo de caracterizar a microestrutura e composição de dois compósitos: Filtek Z250, (microhíbrido) e Filtek Supreme (nanoparticulado) (ambos da 3M/ESPE) e determinar sua influência nas propriedades físicas e resistência à fratura. A microestrutura e a composição foram analisadas usando o MEV e EDS e a porcentagem de carga em peso foi determinada por análise termogravimétrica. As propriedades avaliadas foram: dureza, grau de conversão, o módulo de elasticidade, resistência flexural e à fratura. A porcentagem de carga em peso da Filtek Z250 ($78,5 \pm 0,5\%$) foi significativamente maior que a Filtek Supreme ($73,2 \pm 0,5\%$). E a análise semiquantitativa (EDS) revelou que ambos compósitos possuem similar composição de elementos. Os autores concluíram que a organização microestrutural dos compósitos avaliados determinou suas propriedades físicas, apesar da composição semelhante. Entretanto, a microestrutura não influenciou na resistência à fratura e a confiabilidade estrutural destes compósitos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Foram utilizados para esta pesquisa 4 compósitos, suas descrições e composições estão dispostas na Tabela 1.

Para o teste de escovação foram utilizados o dentifrício Colgate Tripla Ação (Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo-SP, Brasil) de média abrasividade e a escova dental Colgate Professional (Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo-SP, Brasil) com cerdas de nylon, extramacias, retas e pontas arredondadas.

Tabela 1 - Descrição dos compósitos restauradores utilizados na pesquisa.

Compósito Restaurador	Classificação	Cor	Composição *	Fabricante	Lote
Filtek Z350	Nanoparticulado ^{TT}	A3	Parte orgânica: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA. Parte inorgânica: Nanopartículas não-aglomeradas de sílica com 20 nm, e nanoaglomerados com partículas de zircônia/sílica (5 a 20 nm). O tamanho médio dos aglomerados varia de 0,6 a 1,4 µm. Parte inorgânica (78,5% em peso).	3M/ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA	7JC
Filtek Supreme XT	Nanoparticulado ^{**}	A3E	Parte orgânica: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA. Parte inorgânica: Nanopartículas não-aglomeradas de sílica com 20 nm, e nanoaglomerados com partículas de zircônia/sílica (5 a 20 nm). O tamanho médio dos aglomerados varia de 0,6 a 1,4 µm. Parte inorgânica (78,5% em peso).	3M/ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA	6BX
4 Seasons	Híbrido com partículas finas*	A3 Enamel	Parte orgânica: BIS-GMA, UDMA e TEGDMA (22-24% em peso). Parte inorgânica: vidro de bário, trifluoreto de itérbio, vidro de fluorsilicato de Ba-Al, dióxido de silício altamente disperso e óxidos mistos esféricos (75-77% em peso). Catalisadores, estabilizadores e pigmentos (<0,5% em peso). Tamanho das partículas: varia de 0,04 a 3,0 µm) com tamanho médio de 0,6 µm.	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	J25992
Tetric Ceram HB	Universal Híbrido ^{***}	A3	Parte orgânica: BIS-GMA, UDMA e decanodiol dimetacrilato (19% em peso). Parte inorgânica: vidro bário, vidro de fluorsilicato de bário e alumínio, trifluoreto de itérbio, dióxido de silício altamente disperso e óxidos mistos esféricos (81% em peso). Tamanho das partículas varia de 0,04 a 3,0 µm.	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	K00802

* Dados dos fabricantes ** Mitra, Wu e Holmes, 2003 *** Beun et al., 2007 ^{TT} Senawongse e Pongprueska, 2007

4.2 MÉTODO

4.2.1 Confeção das amostras

Com um disco diamantado foi removida a porção radicular de 12 incisivos bovinos. Utilizando-se uma matriz de alumínio bipartida (Figura 1), as coroas dos dentes foram incluídas, com a face vestibular voltada para baixo, em resina acrílica quimicamente ativada. Após a inserção da resina, na fase plástica (Figura 2A), a matriz foi fechada e prensada para o extravasamento dos excessos de resina (Figura 2B).

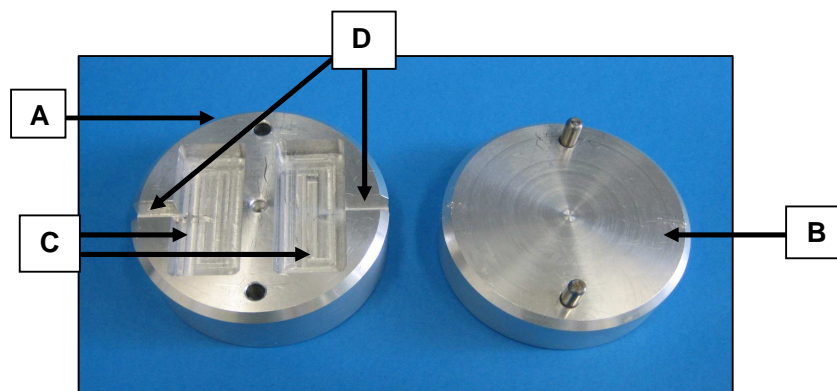


Figura 1 – Matriz de alumínio. A: porção inferior da matriz, B: porção superior, C: nichos para inclusão dos dentes com resina acrílica, D: canaletas para extravasamento da resina acrílica.

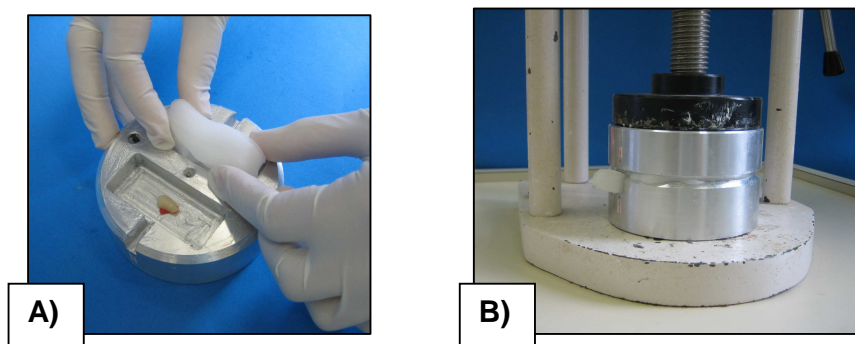


Figura 2 – A) Inserção da resina na fase plástica. B) A matriz fechada sendo prensada para o extravasamento dos excessos de resina.

Após a polimerização da resina e abertura da matriz (Figura 3A), as amostras foram retiradas e os excessos de resina removidos com disco diamantado

(Figura 3B). A seguir as amostras foram posicionadas em matriz específica (Figura 4A) e planificadas com o auxílio de lixas de carbeto de silício n° 400 em máquina politriz horizontal (Struers DSP-30, Panambra, São Paulo, Brasil) sob irrigação constante e sem a exposição da dentina (Figura 4B). Logo após foram polidas com lixas n°600, também na politriz, sem a utilização da matriz.

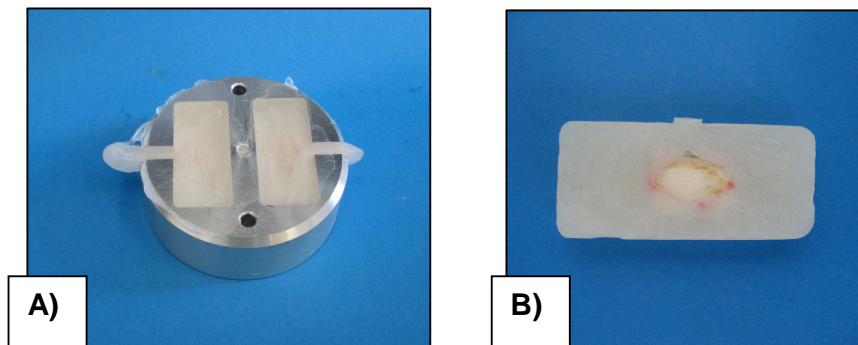


Figura 3 – A) Amostras polimerizadas na matriz. **B)** Amostra após a remoção dos excessos de resina.

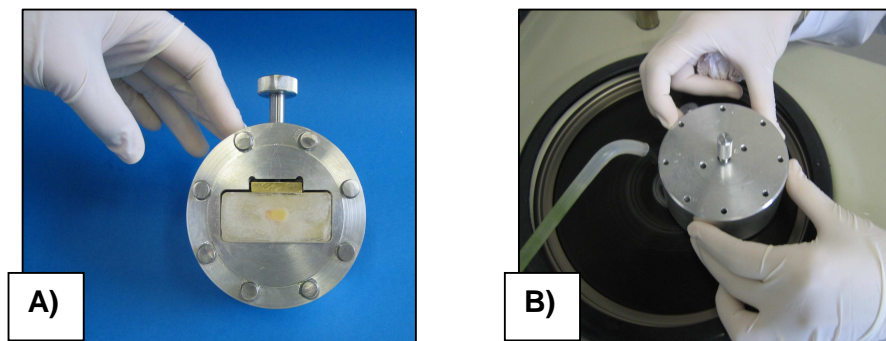


Figura 4 – A) Amostra posicionada na matriz. **B)** Planificação na politriz.

4.2.2 Preparos cavitários e confecção das restaurações

Utilizando-se a alta rotação e ponta diamantada número 1092 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), com constante irrigação, foram realizados 4 preparos cavitários de forma retangular com dimensões aproximadas de 2 mm de comprimento, 1,5 mm de largura e 2 mm de profundidade, na face vestibular exposta dos dentes (Figura 5).

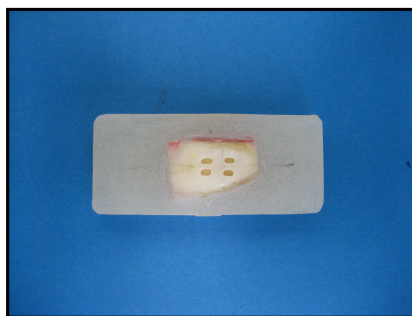


Figura 5 – Amostra após a confecção dos preparos cavitários.

Após a confecção das cavidades, as amostras foram novamente polidas na politriz com lixas nº600 e irrigação constante.

A seguir foi realizado protocolo padrão de adesão com o condicionamento ácido total utilizando-se ácido fosfórico 37% durante 15 s, lavagem e secagem, aplicação de adesivo Adper Single Bond 2 (3M/ESPE, St. Paul, MN, USA). O adesivo foi aplicado em duas camadas, em cada uma das cavidades, com pincel apropriado durante 15 s, seco com jato de ar por 5 s e após a segunda camada fotopolimerizado durante 10 s. Para a restauração das cavidades as resinas foram inseridas em três incrementos, com o auxílio de espátula Thompson nº 6, sendo cada incremento fotopolimerizado, durante 20 s, utilizando-se o aparelho de luz halógena Optilight Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) com variação de intensidade de 400–500 mW/cm², a qual foi aferida com um radiômetro (Demetron, Kerr Corporation, Orange, CA, USA). Sobre a última camada de resina posicionou-se uma tira de poliéster que foi pressionada de encontro à superfície dos compósitos, com o auxílio de uma placa de vidro, antes da fotopolimerização. Com o objetivo de evitar a sobre polimerização das demais restaurações, foi utilizada uma máscara de chumbo com um orifício retangular, o qual foi posicionado sobre a restauração que estava sendo realizada, protegendo as outras restaurações da luz do aparelho fotopolimerizador. Para a identificação das resinas, as restaurações foram realizadas seguindo a ordem alfabética de seu nome, iniciando pela cavidade superior lado esquerdo (em relação à borda incisal do dente), em sentido horário. A

primeira resina utilizada foi a 4Seasons, a seguir Filtek Supreme XT, Tetric Ceram HB e por último a Filtek Z350.

As amostras foram novamente levadas a politriz horizontal planificadas e polidas com lixas de carbetto de silício n^{os} 600, 1000 e 1200, sob irrigação constante e sem a utilização da matriz. A lixa de n^o 600 foi utilizada para remoção dos excessos de resina e adesivo sobre as bordas das cavidades, sendo que o tempo variou de amostra para amostra. Após a planificação do conjunto dente/restauração, foram utilizadas as lixas 1000 e 1200, durante 2 min cada uma das granulações. Em seguida foi realizado o polimento das restaurações utilizando-se discos Sof-Lex (3M/ESPE, St. Paul, MN, USA) para polimento de resinas, fino e superfino (cores laranja claro e amarelo), em baixa rotação durante 40 s cada granulação.

Foram confeccionadas 12 restaurações de cada resina composta que foram examinadas em lupa (D.F. Vasconcellos SA, São Paulo, SP, Brasil) com 10 vezes de aumento, para verificar-se a presença de falhas antes de levá-las ao perfilômetro. As amostras com restaurações que apresentaram falhas foram substituídas.

Após a confecção das restaurações, as amostras foram armazenadas em umidade relativa e temperatura ambiente durante 1 semana até o início dos testes.

4.2.3 Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de abrasão

Para realização do ensaio de abrasão foi utilizada uma máquina de testes que simula a escovação, projetada pelo Idéia - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (PUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil), com base na literatura pertinente ao assunto (CHIMELLO et al., 2001) (Figura 6).

Cada amostra foi colocada no interior de uma cuba acrílica, a qual foi fixada à máquina de escovação por meio de pinos metálicos.

O motor da máquina de escovação foi ligado por meio de uma chave conectora, recebendo uma corrente elétrica alternada de 110 volts, que, por intermédio de um sistema de molas e polias, promove um movimento cíclico retilíneo bidirecional nos quatro braços articulados. Cada braço apresenta um orifício na sua extremidade, que possibilita encaixar uma haste, na qual a ponta ativa de uma escova dental foi fixada. O curso total do movimento é de 12 mm.

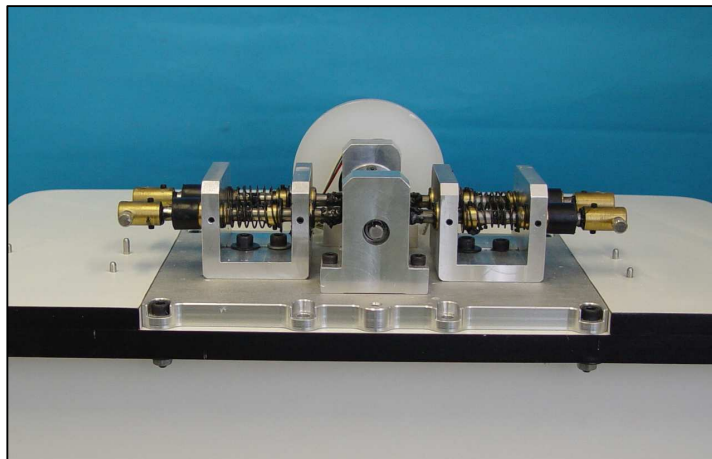


Figura 6 – Máquina de escovação.

Seis gramas de um dentifrício, contendo carbonato de cálcio como abrasivo (Colgate Tripla Ação) foram pesados em Balança de Precisão (AG 204, Mettler/Toledo, São Paulo, SP, Brasil) e misturados com 6 ml de água destilada até formar uma pasta homogênea, para ser dispensada no interior da cuba acrílica, cobrindo as amostras por completo. Esta pasta de proporção 1:1 foi trocada a cada ciclo de 20 min, juntamente com as escovas (Figura 7a).

A velocidade constante da máquina foi de 250 ciclos/min, e segundo a literatura analisada (FERREIRA et al., 2002 e TEIXEIRA et al., 2005), 60.000 ciclos correspondem a 6 anos de escovação simulada, ou seja, 4 h de escovação na máquina. Conseqüentemente, 40.000 ciclos correspondem a 4 anos (2 h e 40 min), 20.000 ciclos correspondem a 2 anos (1 h e 20 min) 10.000 ciclos correspondem a 1 ano (40 min). O peso colocado no braço articulado sobre as amostras foi de 200 g

(CHIMELLO et al., 2001; FERREIRA et al., 2002; TOCHETTO, 2005) simulando condições clínicas de higiene (Figura 7b).

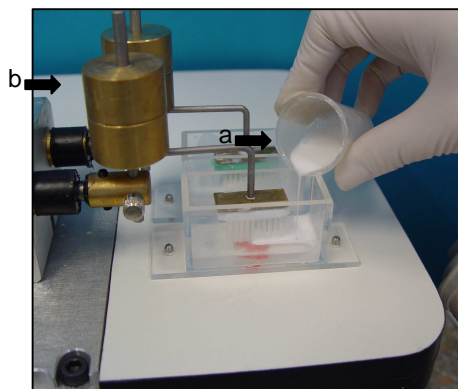


Figura 7 – Preparação final para ensaio de abrasão: a) pasta abrasiva na proporção 1:1 sendo dispensada na cuba acrílica recobrimdo o corpo-de-prova; b) peso de 200 g.

Após a finalização de cada ciclo correspondente a cada período avaliado, as amostras foram limpas em uma cuba ultrassônica (Thornton, Vinhedo, SP, Brasil) contendo água destilada, durante 5 minutos, secas com jato de ar e armazenadas em umidade relativa e temperatura ambiente até a análise no perfilômetro.

4.2.4 Análise do valamento marginal

Para a análise do valamento marginal das restaurações, antes e após o ensaio de abrasão por escovação, foi utilizado um Perfilômetro XP-2 (Ambios Technology, Santa Cruz, CA, USA) com ponteira tipo agulha de forma piramidal (3 lados) com 2,5 μm de diâmetro (Figura 8A). Esta etapa da pesquisa foi realizada no Laboratório de Óptica e Laser - Instituto de Física - UFRGS.

Cada amostra foi posicionada na base do perfilômetro com o auxílio de um dispositivo específico, sendo que a porção incisal do dente ficou voltada para o lado esquerdo do operador (Figura 8B).

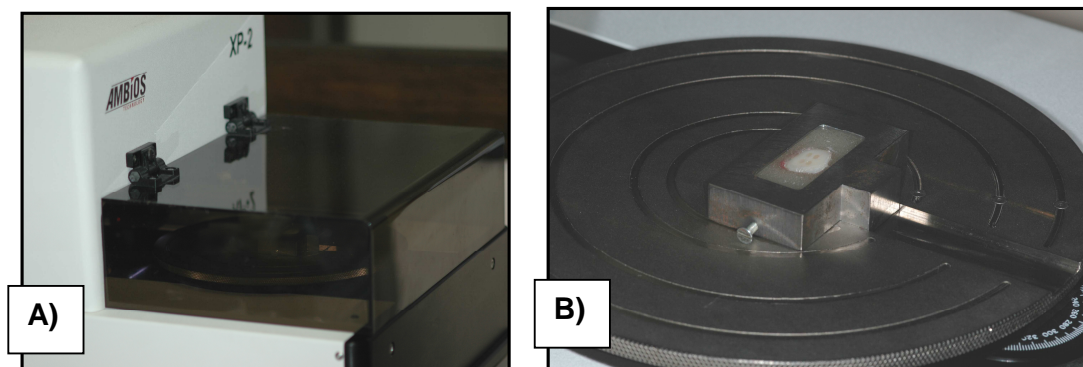


Figura 8 – A) Perfilômetro XP-2 Ambios Technology . **B)** Amostra inserida no dispositivo posicionado na base do perfilômetro.

Utilizando-se o software do equipamento (Perfilômetro XP-2 Ambios Technology), cada amostra foi analisada, sendo uma imagem capturada identificando um ponto de referência inicial, para que as varreduras fossem sempre realizadas na mesma porção de cada restauração, mesmo após o ensaio de abrasão (Figura 9). A partir da referência foram conduzidas as varreduras iniciando-se pela resina Filtek Supreme XT, seguida pela Tetric Ceram HB, 4Seasons e Filtek Z350. Foram realizadas 5 varreduras de um lado a outro de cada restauração (comprimento em torno de 2 mm, de acordo com o istmo da restauração) com distância de 0,05 mm entre cada varredura, velocidade de 0,10 mm/s e pressão da ponteira sobre a superfície da amostra que variou de 0,20 a 0,80 mg. As coordenadas (“x” e “y”) da posição da ponteira na primeira varredura de cada restauração foram anotadas, assim como o comprimento da varredura, possibilitando a reprodução da medida em local aproximado em cada período analisado (Figura 10). Antes do início das varreduras, em cada resina, foi capturada uma nova imagem para confirmar a correta posição da ponteira em cada restauração (Figura 11).

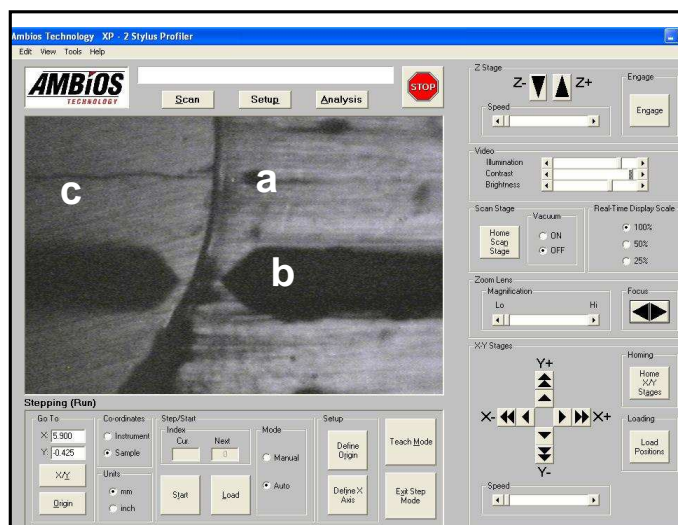


Figura 9 – Imagem indicando o ponto de referência inicial da amostra 13. a) Resina acrílica. b) ponteira do perfilômetro. c) Dente bovino.

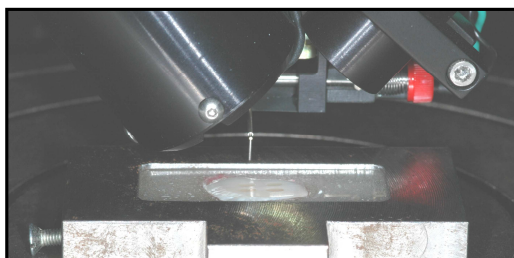


Figura 10 - Amostra posicionada no perfilômetro para o início das varreduras.

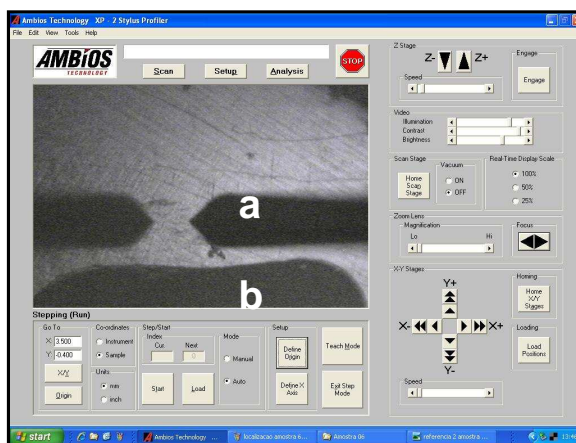


Figura 11 – Imagem correspondente à localização da primeira varredura na resina Filtek Z350 na amostra 12. a) Ponteira do perfilômetro. b) Porção/metade superior da restauração.

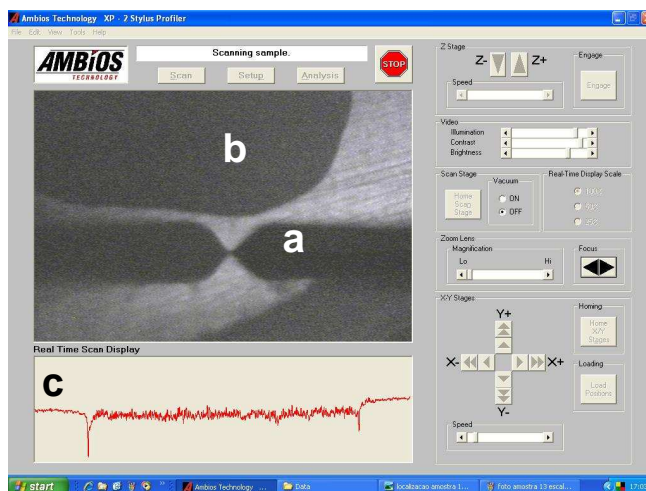


Figura 12 – Imagem correspondente ao fim das varreduras na resina Filtek Z350 na amostra 12. a) Ponteira do perfilômetro. b) Porção/metade inferior da restauração. c) Gráfico gerado em cada varredura.

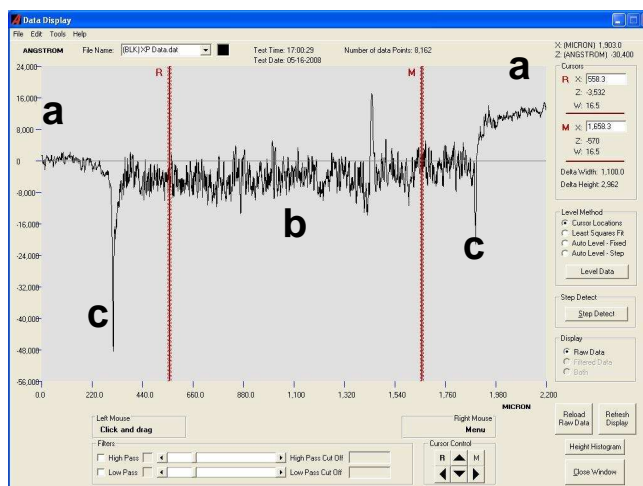


Figura 13 – Exemplo de gráfico gerado em cada varredura. a) Porção correspondente a margem em esmalte. b) Porção correspondente à resina (restauração). c) Valamento marginal.

As amostras foram levadas novamente para a máquina de escovação para dar continuidade ao próximo ciclo de escovação, sendo retiradas e analisadas como descrito anteriormente a cada término dos períodos propostos.

Os dados de valamento marginal foram obtidos antes do ensaio de abrasão e após cada período de escovação (1, 2, 4 e 6 anos). Foram realizadas no total 1200

varreduras, sendo 5 em cada uma das quatro resinas, nas 12 amostras nos 5 períodos.

4.2.5 Análise dos dados obtidos com o perfilômetro

Após a realização das varreduras, os gráficos obtidos foram nivelados utilizando o software True Surf 2.24 (True Gage Surface Metrology, Huntingdon, PA, USA). Este procedimento foi realizado com o intuito de facilitar a análise e interpretação dos gráficos. Posteriormente as médias das 5 varreduras realizadas em cada resina, período e amostra foram calculadas utilizando o software Origin 7.0 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA). Cada média assim obtida gerou um gráfico ($n = 240$) onde foi possível medir a discrepância entre a margem em esmalte e a resina composta nos dois lados da restauração (denominados: esquerdo e direito pela posição na tela do computador em relação ao observador). A média dos dois lados (esquerdo e direito) foi tomada como sendo o valor de valamento marginal, em μm , da resina no período avaliado.

4.2.6. Análise estatística

Conforme os objetivos propostos e a metodologia estabelecida para o desenvolvimento desta pesquisa para a análise dos dados de valamento marginal, foi utilizada uma Análise de Variância por Modelos Mistos para Medidas Repetidas com Parcela Subdividida utilizando o programa SAS System 8.02 (SAS System Inc; Carey, NC, USA). Esse modelo leva em consideração que as amostras possuíam as quatro restaurações de resina no mesmo dente e que as medidas eram repetidas ao longo do tempo. A estrutura de covariância escolhida foi a Componente Simétrica, devido ao seu melhor ajuste ao modelo.

Como variáveis explicativas do modelo (valamento marginal) utilizaram-se o tipo de resina, o período e a interação resina x período.

Os gráficos de resíduo não mostraram a formação de funil, demonstrando que o modelo está bem ajustado ao design experimental. Para a análise pós-teste entre os diferentes grupos e diferentes períodos utilizou-se o ajuste de Tukey com nível de significância de 5%.

4.2.7 Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura

4.2.7.1 Confecção das amostras

Foram confeccionadas 10 amostras de cada resina composta utilizando-se uma matriz de politetrafluoretileno bipartida contendo um orifício central de 6 mm de altura por 5 mm de diâmetro, onde foram inseridos três incrementos de 2 mm, da resina composta, com o auxílio de uma espátula para compósitos Thompson nº 6. Para garantir lisura, as faces do cilindro de resina composta foram polimerizadas contra uma tira de poliéster, a qual foi pressionada de encontro à superfície dos compósitos, com o auxílio de uma placa de vidro. A fotopolimerização foi realizada com a ponta do aparelho (Optilight Plus, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) voltada para a superfície de inserção das amostras, por 20 segundos.

Posteriormente, as amostras foram inseridas num adaptador de 5 mm de altura para que fossem igualmente desgastadas, com lixas de carvão de silício de granulação número 600, na politriz horizontal com refrigeração à água. A seguir, foi realizado a mesma seqüência de polimento utilizando-se as lixas de granulação 1000 e 1200 e os discos Sof-Lex fino e superfino, em baixa rotação.

Cada amostra foi fixada no centro de uma placa acrílica, a qual permitia que a superfície de teste ficasse 1 mm além da borda do orifício que alojava a mesma. Cada placa foi colocada em uma cuba acrílica, a qual foi fixada à máquina de escovação (Figura 14).

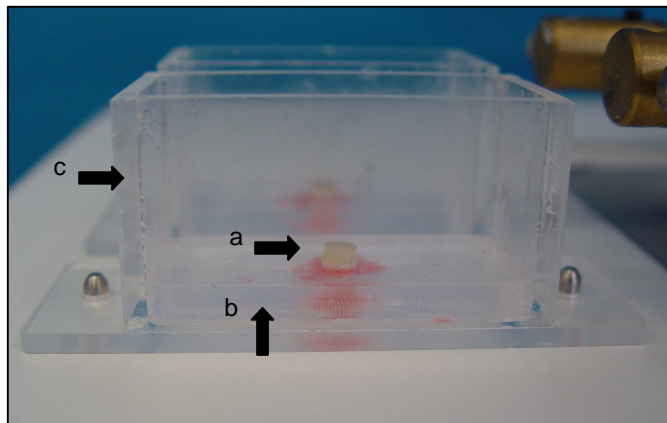


Figura 14 - Montagem da amostra na máquina de escovação: a) amostra fixada na placa acrílica; b) placa acrílica; c) cuba acrílica.

A metodologia do teste de abrasão por escovação foi idêntica à descrita anteriormente.

Duas amostras de cada resina foram submetidas à abrasão por escovação para cada período (1, 2, 4 e 6 anos). Após a finalização de cada ciclo correspondente a cada período avaliado, as amostras foram limpas em uma cuba ultrassônica (Thornton, Vinhedo, SP, Brasil), contendo água destilada durante 5 minutos, secas com jato de ar e armazenadas em ambiente seco até a observação em MEV.

4.2.7.2 Preparo das amostras para análise superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura

As amostras foram revestidas com liga de platina, sob alto vácuo (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein), para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Phillips XL 30, USA), em aumentos de 1000 e 8000 vezes.

5. RESULTADOS

O modelo estatístico aplicado mostrou significância estatística entre os tipos de resina ($p \leq 0,0001$), entre períodos ($p \leq 0,0001$) e a interação resina x período ($p \leq 0,0001$) o que indica que as resinas tiveram diferentes comportamentos ao longo do tempo. Assim sendo, os resultados pós-teste estão descritos através da combinação de resinas e períodos, podendo ser analisado o comportamento da resina ao longo do tempo, assim como, a comparação das resinas em cada período de tempo (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparação dos valores médios de valamento marginal (μm) das resinas compostas em cada período de abrasão por escovação.

	1 ano	2 anos	4 anos	6 anos
4Seasons	0,96 ^{A, a}	1,44 ^{A, a}	2,78 ^{B, a}	4,48 ^{C, a}
Filtek Supreme XT	0,50 ^{A, a}	0,80 ^{A, a}	1,15 ^{A, b}	1,56 ^{A, b}
Tetric Ceram HB	1,12 ^{A, a}	1,48 ^{A, a}	2,75 ^{B, a}	4,17 ^{C, a}
Filtek Z350	0,48 ^{A, a}	0,75 ^{A, a}	1,36 ^{A, B, b}	1,90 ^{B, b}

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,0001$).

Ao analisar todas as médias de valamento marginal das resinas avaliadas, constatou-se uma média numérica maior para a resina 4Seasons no período de 6 anos e menor para a resina Filtek Z350 no período de 1 ano.

Todas as resinas apresentaram um aumento no valamento marginal ao longo dos períodos avaliados ($p < 0,05$).

Tanto a resina 4Seasons como a Tetric Ceram HB apresentaram um aumento significativo no valamento marginal após 4 e 6 anos de escovação simulada quando comparadas com as resinas Filtek Supreme XT e Z350 em cada período avaliado. A 4Seasons e a Tetric Ceram HB não apresentaram diferenças

estatisticamente significativas entre si em cada período. Já a resina Filtek Supreme XT não apresentou aumento significativo ao longo de todos os períodos avaliados sem apresentar diferenças estatísticas com a Filtek Z350. A resina Filtek Z350 não apresentou aumento significativo do valamento marginal nos períodos de 1, 2 e 4 anos. Entretanto, a média de valamento marginal após 6 anos de escovação simulada diferiu estatisticamente das médias após 1 e 2 anos de escovação mas não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparada com o período de 4 anos.

Os aspectos morfológicos obtidos com a MEV da superfície das amostras de cada resina após serem submetidos aos procedimentos de abrasão por escovação (1, 2, 4 e 6 anos), assim como, o período inicial (sem escovação), estão dispostos nas Figuras 15 a 34.

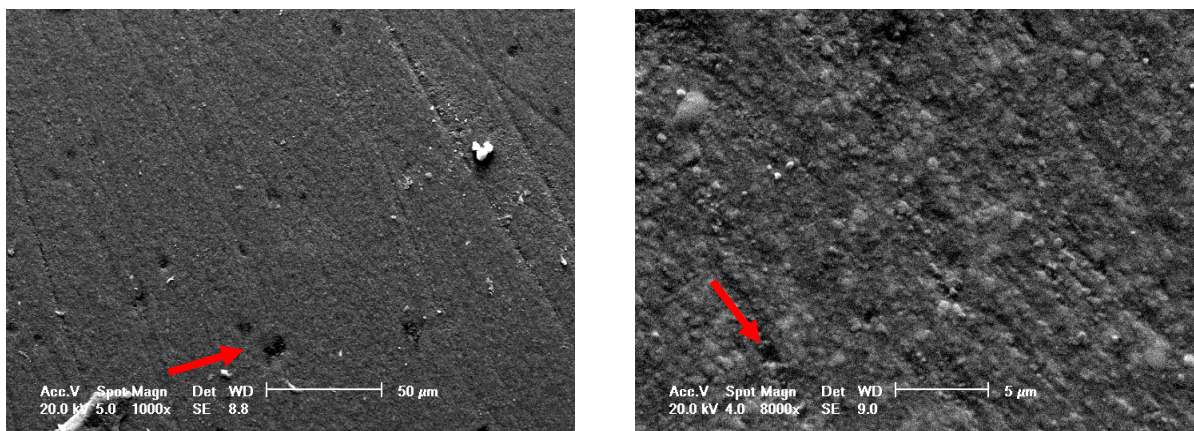


Figura 15 – Aspecto morfológico da superfície do composto 4Seasons após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). Observa-se a dificuldade de se obter um polimento e lisura inicial na amostra. As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas pelos procedimentos de acabamento e polimento.

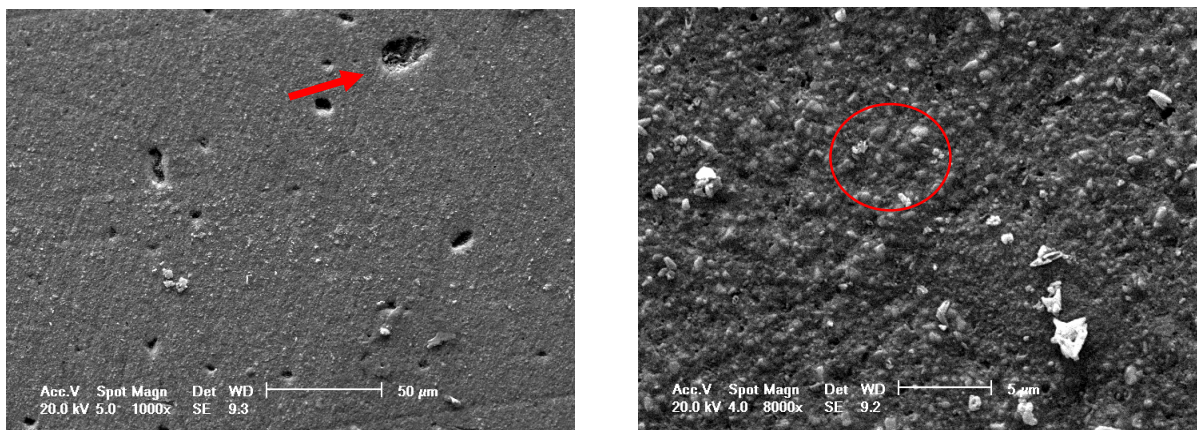


Figura 16 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica depressão que sugere o deslocamento de um agrupamento de partículas. O círculo mostra partículas de forma irregular expostas após o ensaio de escovação.

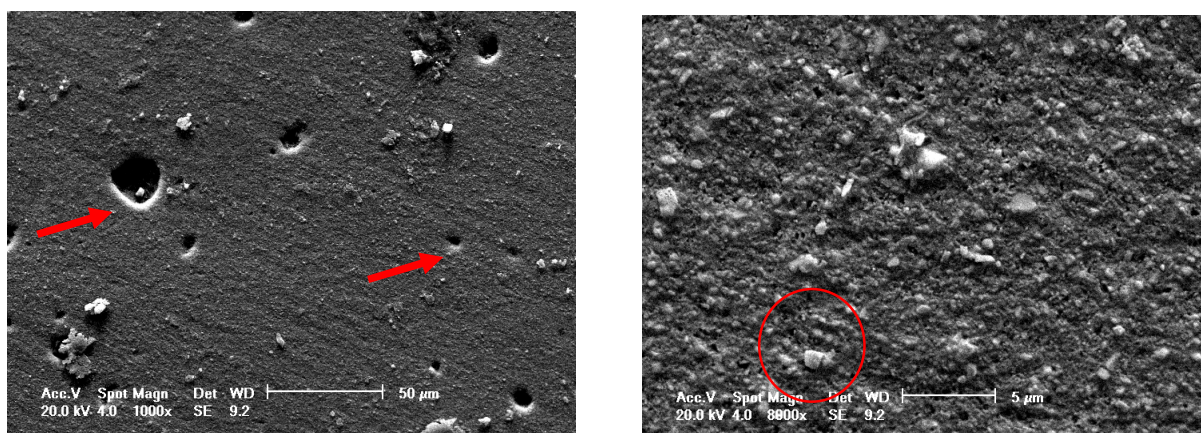


Figura 17 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas e seus agrupamentos. O círculo mostra partículas com forma irregular expostas após o ensaio de escovação.

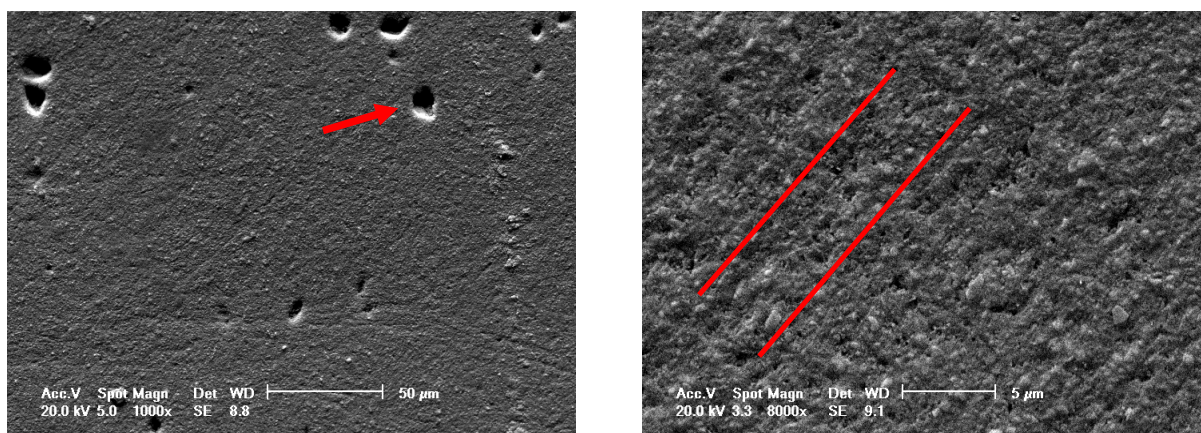


Figura 18 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica depressão que sugere o deslocamento de um agrupamento de partículas. Na figura da direita pode ser observado um padrão de desgaste (indicado pelas linhas) com ranhuras formadas pelo deslocamento de partículas e exposição da matriz.

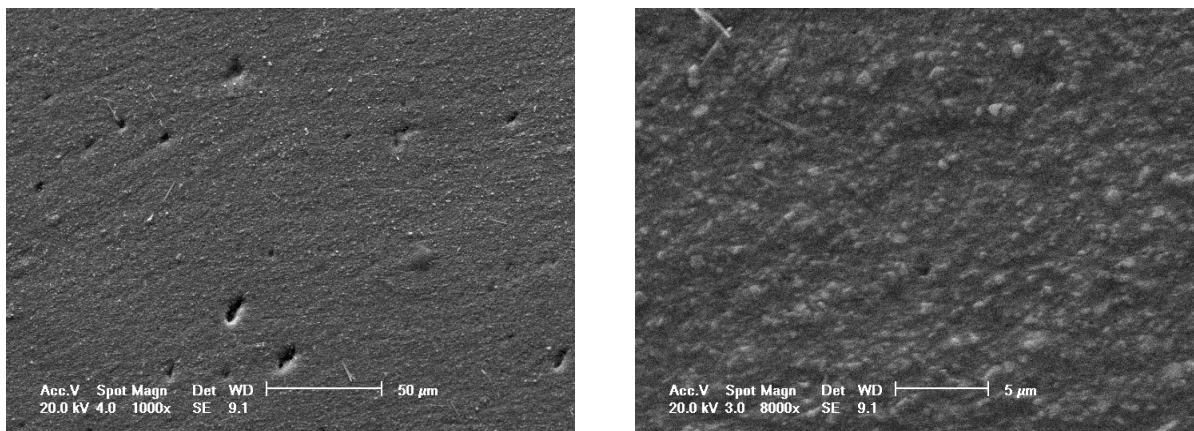


Figura 19 – Aspecto morfológico da superfície do compósito 4Seasons após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na figura da direita observa-se maior quantidade de matriz envolvendo as partículas, com menor número de depressões sugerindo maior homogeneidade na superfície pelo provável deslocamento das partículas.

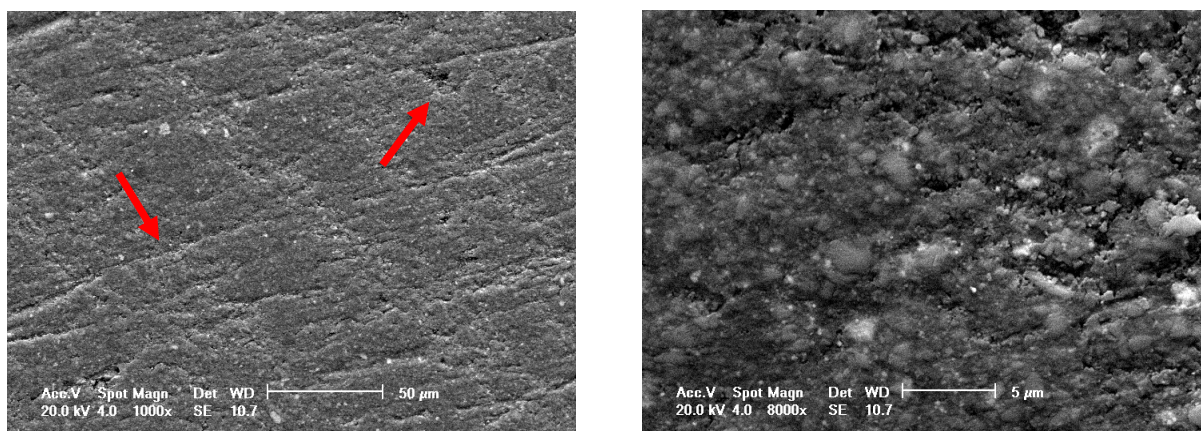


Figura 20 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). Observa-se a dificuldade de se obter um polimento e lisura inicial na amostra, as setas mostram ranhuras e depressões que sugerem o deslocamento de partículas pelos procedimentos de acabamento e polimento. Na figura da direita já estão expostas as partículas de carga.

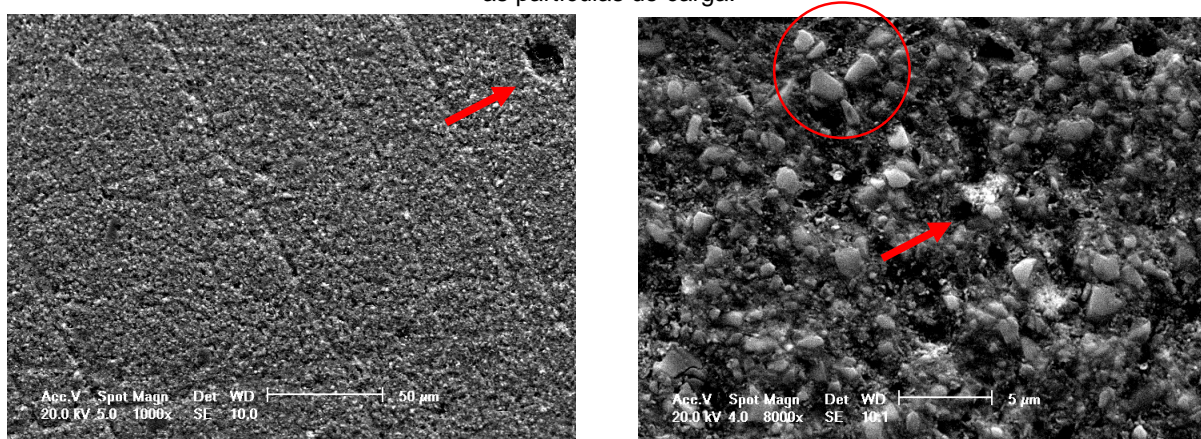


Figura 21 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Tetric Ceram HB após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de agrupamentos de partículas (na esquerda) e pequenas partículas (direita). O círculo partículas expostas após o ensaio de escovação.

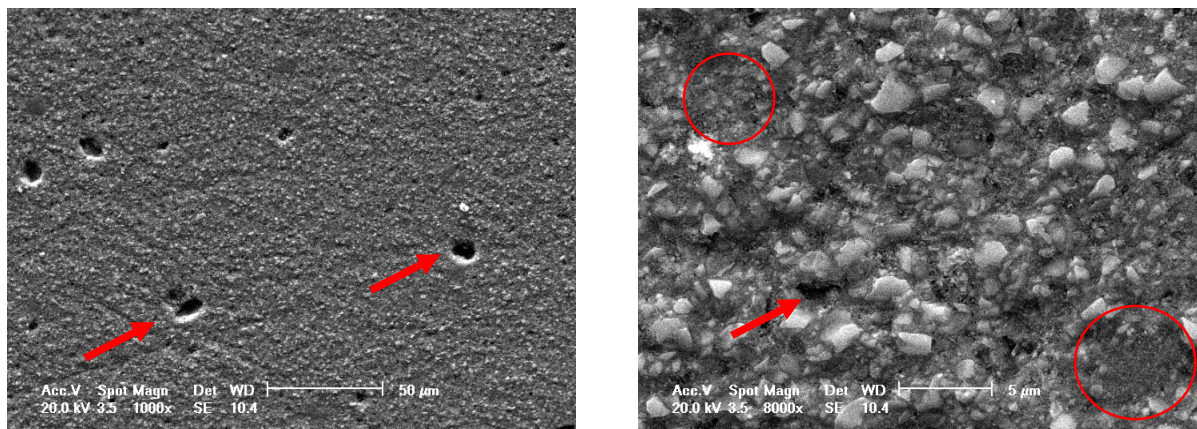


Figura 22 – Aspecto morfológico da superfície do composto Tetric Ceram HB após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas. Os círculos: área de exposição da matriz sugerindo o “arrancamento” de um grupo de partículas pela escovação.

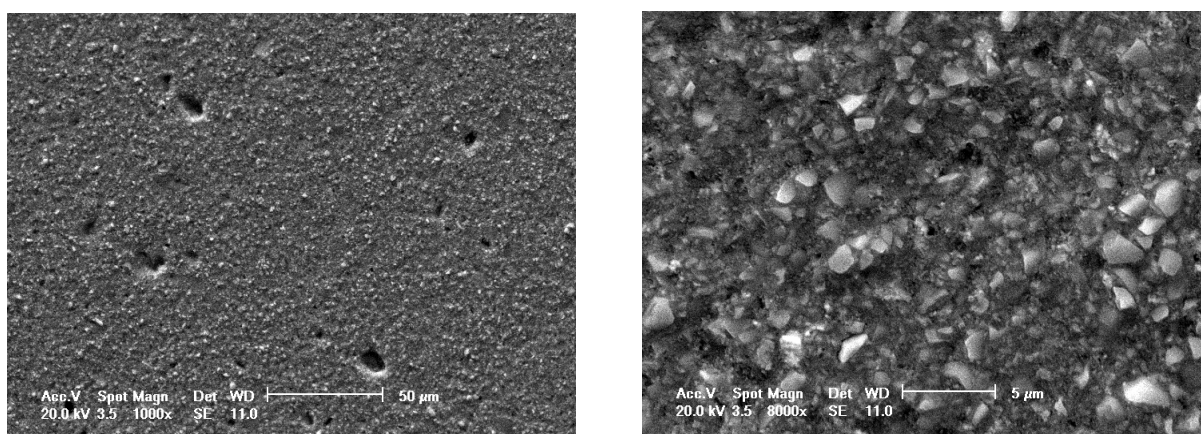


Figura 23 – Aspecto morfológico da superfície do composto Tetric Ceram HB após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na direita observa-se menor quantidade de partículas quando comparada com a figura após 2 anos de escovação, sugerindo o deslocamento de grande quantidade da porção inorgânica e conseqüente perda de massa após o ensaio de abrasão.

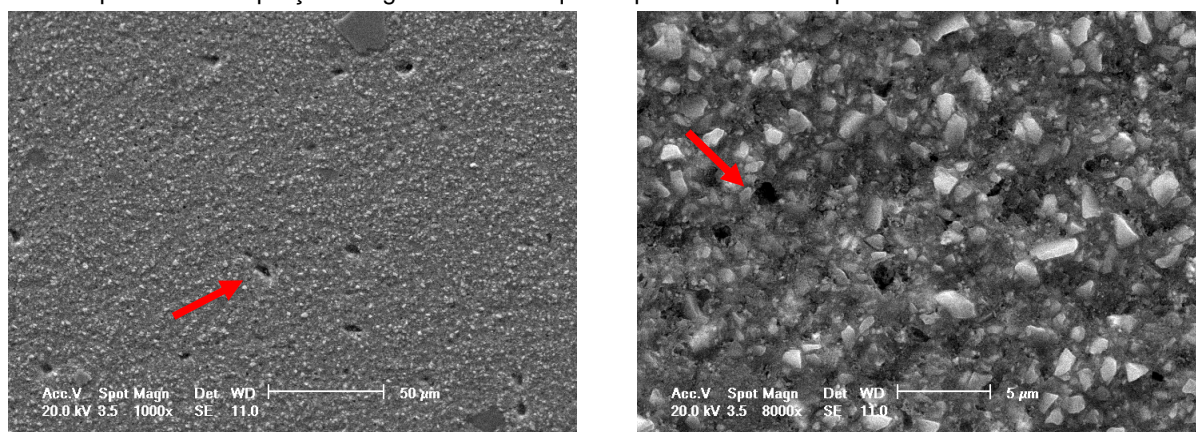


Figura 24 – Aspecto morfológico da superfície do composto Tetric Ceram HB após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões que sugerem o deslocamento de partículas. Na direita observa-se novamente muitas partículas expostas após o desgaste da matriz resinosa.

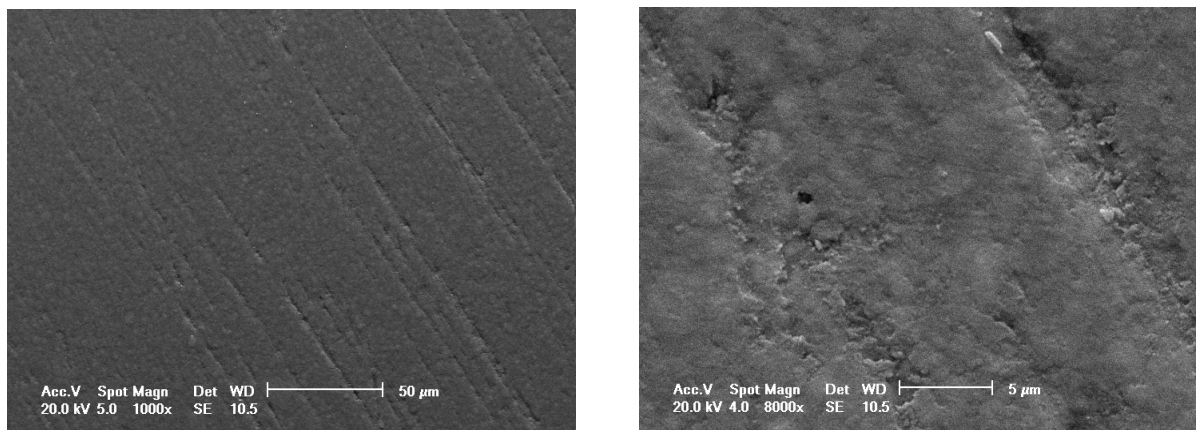


Figura 25 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). A matriz recobre totalmente as partículas de carga, aspecto bem homogêneo.

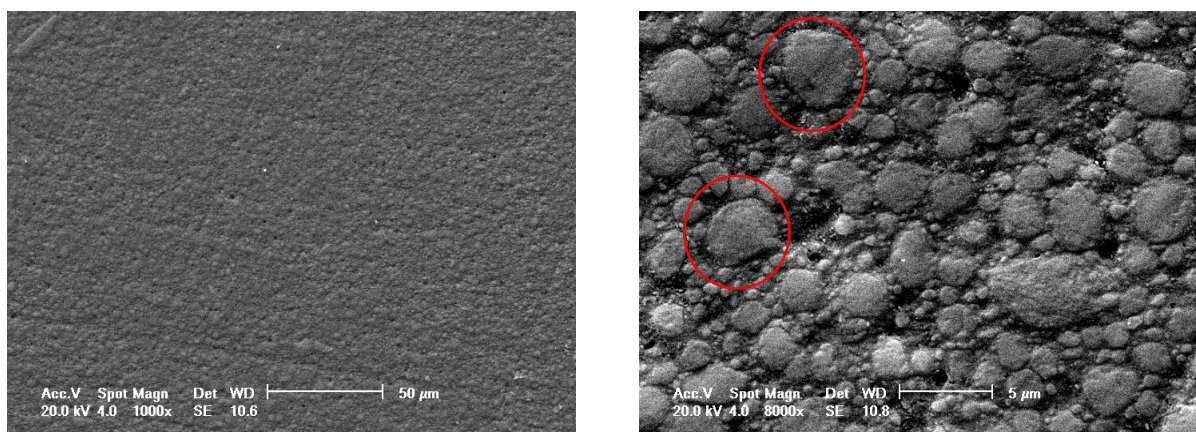


Figura 26 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). Houve a remoção da camada superficial da matriz e exposição das partículas arredondadas e os aglomerados (indicados pelos círculos).

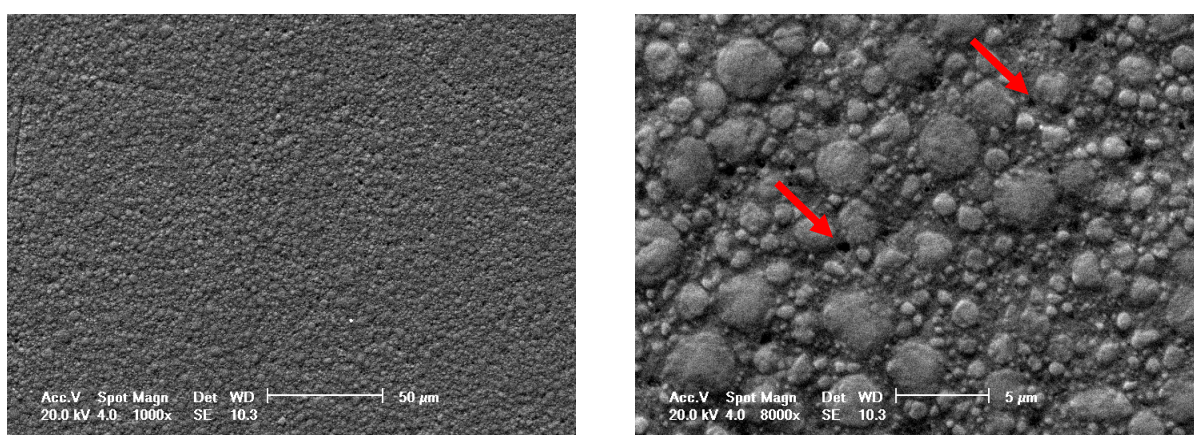


Figura 27 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). A seta indica pequenas depressões sugerindo que partículas foram deslocadas.

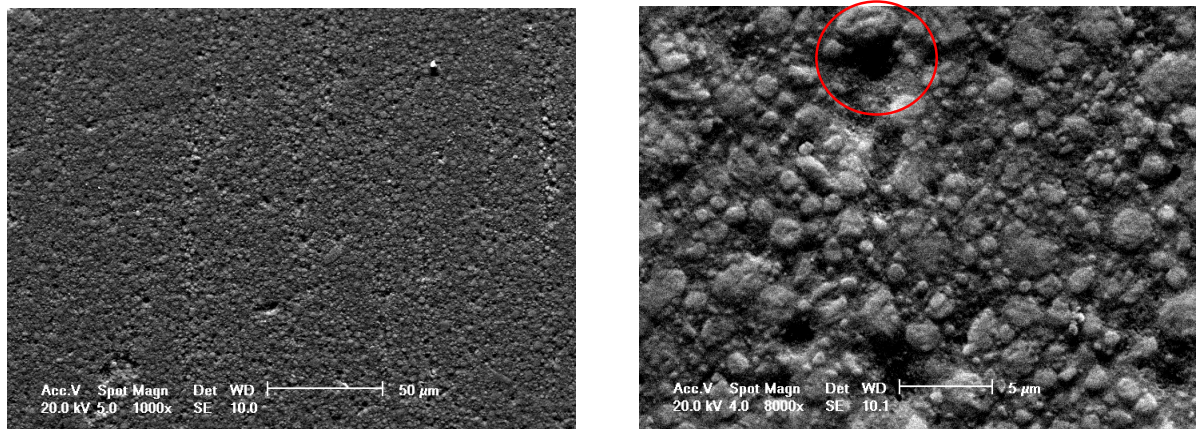


Figura 28 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Na direita observa-se maior quantidade de matriz exposta. O círculo indica depressão que sugere o deslocamento de um aglomerado de partículas.

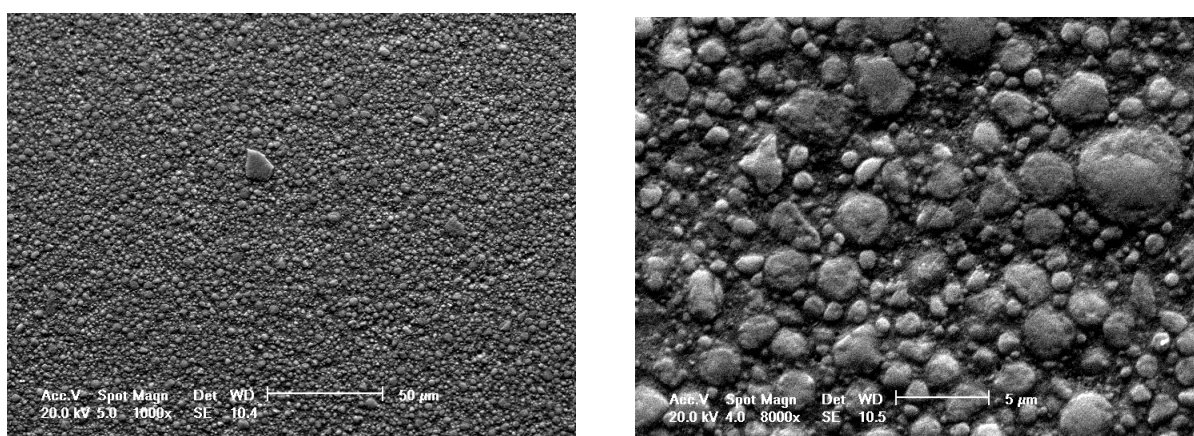


Figura 29 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Supreme XT após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Novamente maior quantidade de partículas quando comparado com as micrografias após 4 anos de escovação sugerindo que houve o desgaste da matriz.

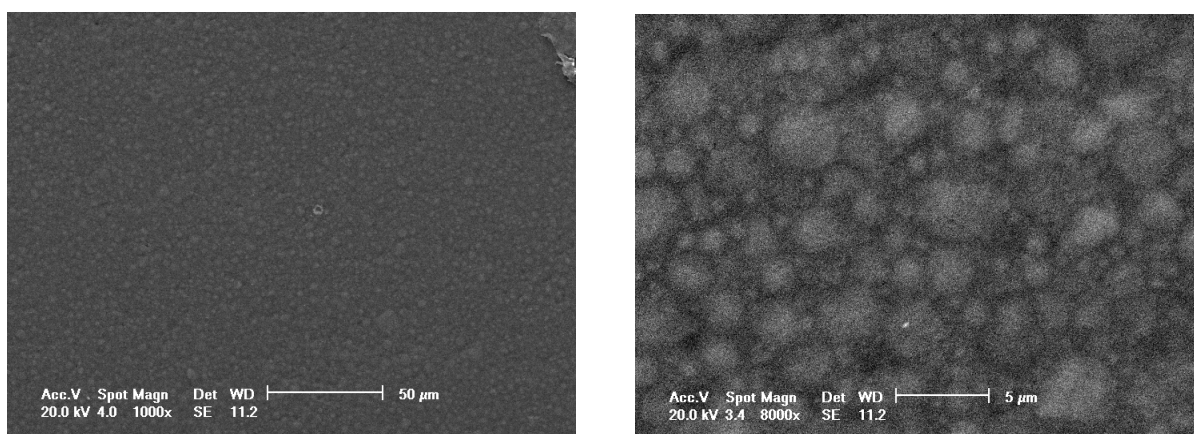


Figura 30 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após a seqüência de acabamento e polimento (1000 e 8000x). O aspecto “embaçado” indica que existe uma fina camada de matriz recobrindo as partículas e aglomerados.

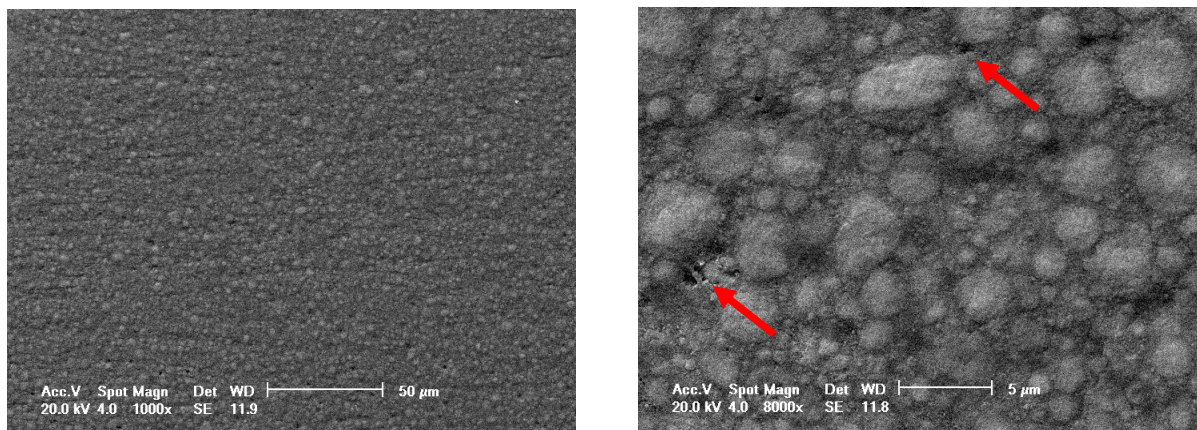


Figura 31 – Aspecto morfológico da superfície do composto Filtek Z350 após 1 ano de escovação simulada (1000 e 8000x). Ainda observa-se a presença da matriz recobrendo a carga. As setas indicam pequenas depressões sugerindo o início do deslocamento das partículas

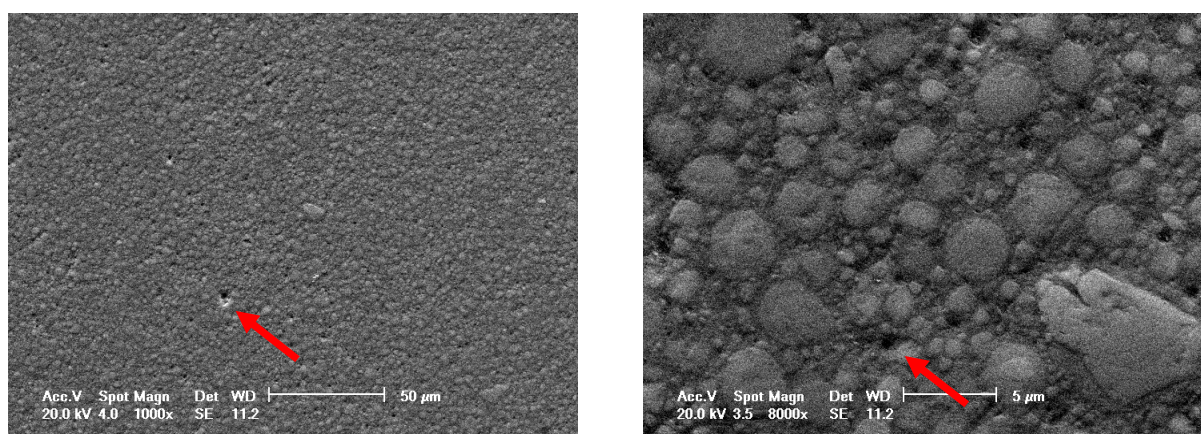


Figura 32 – Aspecto morfológico da superfície do composto Filtek Z350 após 2 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). As setas indicam depressões sugerindo o deslocamento de pequenas partículas (na direita) e um aglomerado (na esquerda). Percebe-se maior definição das partículas no interior da matriz resinosa.

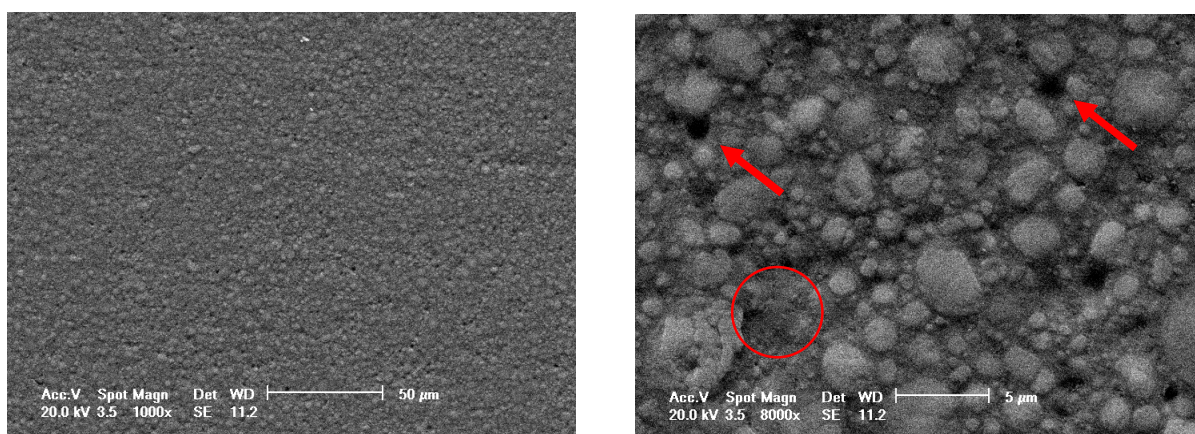


Figura 33 – Aspecto morfológico da superfície do composto Filtek Z350 após 4 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Maior quantidade de depressões (setas). No círculo: área de matriz exposta indicando o deslocamento de aglomerado de partículas.

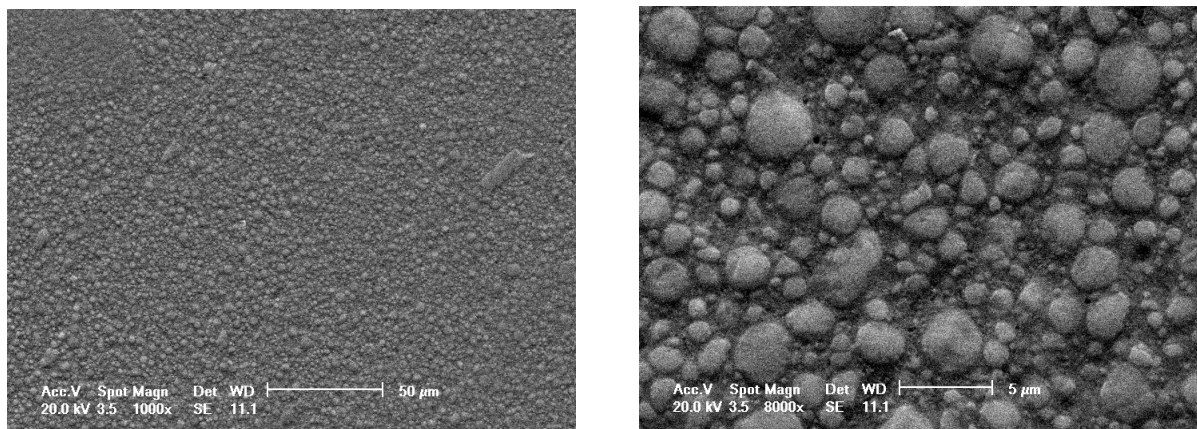


Figura 34 – Aspecto morfológico da superfície do compósito Filtek Z350 após 6 anos de escovação simulada (1000 e 8000x). Maior quantidade de partículas expostas sugerindo o desgaste da matriz resinosa após a escovação.

6. DISCUSSÃO

Acompanhando a rápida evolução das resinas compostas e devido à importância de propriedades mecânicas, como a resistência à abrasão, na longevidade do tratamento restaurador, torna-se importante determinar alguns limites preliminares, testando o potencial dos materiais, em avaliações *in vitro* (DELONG, 2006). Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento de quatro compósitos restauradores, disponíveis no mercado, no que diz respeito ao valamento marginal após serem submetidos a ensaio de abrasão por escovação em diversos períodos de tempo.

Os estudos *in vitro* apresentam importantes vantagens: possibilidade de simular o envelhecimento dos materiais ou restaurações em curto período de tempo; poder de isolar o tipo de desgaste que se deseja avaliar; melhor controle sobre as variáveis (HEINTZE et al., 2006). Portanto, optou-se, na presente pesquisa, pelo ensaio de abrasão de três corpos (LAMBRECHTS et al., 2006) com a associação dos seguintes fatores: escova, dentífrício e amostra, ou seja, um abrasivo em solução sendo aplicado sobre uma amostra por um determinado período de tempo. Para isto foi utilizada uma máquina de escovação que simula algumas das variáveis do processo de higiene oral, como pressão e velocidade da escovação, além da umidade, sendo semelhante a outras máquinas já utilizadas para este propósito (CHIMELLO et al., 2001). Os ajustes da máquina de escovação seguiram os estudos de Ferreira et al. (2002) e Tochetto (2005) por melhor representarem as condições clínicas. A velocidade de escovação foi programada em 250 ciclos/min (FERREIRA et al., 2002; TOCHETTO, 2005) e um peso de 200 g (CHIMELLO et al., 2001; FERREIRA et al., 2002; TOCHETTO, 2005) foi imposto aos corpos-de-prova no momento da escovação. A pasta de proporção 1:1 (dentífrício: água destilada) (CHIMELLO et al., 2001; FERREIRA et al., 2002) foi trocada a cada ciclo de 20 min, juntamente com as escovas (TEIXEIRA et al., 2005; TOCHETTO, 2005).

Entretanto, outras variações foram adotadas por Momoi et al. (1997) que utilizaram a velocidade de 160 ciclos/ min, carga 346 gF e o dentífrício não diluído em água para não alterar a concentração das partículas do abrasivo. Teixeira et al.

(2005) usaram uma carga de 250 g, velocidade de 90 ciclos/min, mas a proporção água/dentifricio foi de 1:1 e os intervalos avaliados foram de 10.000, 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos, sendo que 10.000 ciclos equivaleram a 1 ano de escovação. Em 2007, Senawongse e Pongprueska utilizaram carga de 500 gF, frequência de 80 ciclos/min e proporcionaram 50 g de dentifricio com 80 ml de água destilada.

A abrasão dos compósitos restauradores é um fenômeno complexo e indesejado que, além de aumentar a rugosidade superficial, pode gerar a perda gradual de massa da restauração (MAIR, 1992; MOMOI et al., 1997), ocasionando a degradação da interface dente/restauração. Isso pode contribuir com o valamento marginal ao longo do tempo (SÖDERHOLM et al., 1984; MAIR, 1992; KAWAI e LEINFELDER, 1995), bem como com a alteração da anatomia funcional e estética das restaurações (AKER, 1982).

Dentre as causas do desgaste das restaurações de resinas compostas, destacam-se os procedimentos de ajuste oclusal e o acabamento e polimento, que provocam trincas na superfície desse material, facilitando a penetração de água e, conseqüentemente, o aumento da degradação hidrolítica (SÖDERHOLM et al., 1984), além da associação da escova e do dentifricio que promovem maior desgaste e rugosidade do material restaurador (MAIR, 1992; FERREIRA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2005). Em estudo realizado por Wakamatsu, Kakuta e Ogura, em 2003, foram avaliados o polimetilmetacrilato (PMMA) e duas resinas compostas (Z100 e APX), após três ensaios de abrasão (desgaste oclusal, escovação e a combinação dos dois). O teste de abrasão por forças oclusais induziu um diferente padrão de desgaste, incluindo uma diferente topografia na superfície e perda de material, quando comparado com a abrasão por escovação. Os autores sugerem que o desgaste pela escovação foi dominante mesmo no teste combinado para o PMMA e o Z100, justificando a utilização do ensaio de abrasão por escovação, no presente estudo, para avaliar o desgaste de resinas compostas ao longo do tempo.

Para confecção das restaurações foram utilizadas quatro resinas compostas: Filtek Supreme XT e Filtek Z350 (3M/ESPE), 4Seasons e Tetric Ceram HB (Ivoclar Vivadent). A seleção desses materiais teve como critério sua ampla utilização na clínica, além de características específicas quanto à composição de cada um. O

compósito Filtek Supreme XT foi introduzido no mercado como pioneiro na utilização de nanotecnologia, sendo desenvolvido com o objetivo de indicação para restaurações em dentes posteriores e anteriores e classificado como nanoparticulado. Apresenta a vantagem de agregar um alto polimento inicial (típico de compósitos microparticulados), além de apresentar excelentes propriedades mecânicas para suportar situações de estresse (típico dos compósitos híbridos) (MITRA, WU e HOLMES, 2003). O Filtek Z350 foi desenvolvido para restauração de dentes anteriores e posteriores e também possui na sua composição nanopartículas, sendo classificado por Senawongse e Pongprueska (2007) como nanoparticulado. O compósito 4Seasons é classificado pelo fabricante como híbrido com partículas finas, sendo indicado para restaurações que requerem um resultado altamente estético, possuindo como vantagens uma ampla gama de cores para esmalte e dentina, em diferentes níveis de translucidez, que são capazes de reproduzir a estrutura dental com naturalidade. O Tetric Ceram HB foi utilizado por ser um compósito designado pelo fabricante especificamente para a restauração de dentes posteriores e, por isso, deveria apresentar como característica uma alta resistência à abrasão. Beun et al. (2007) o classificam como um compósito universal híbrido.

Para a análise do valamento marginal das restaurações, após o ensaio de abrasão por escovação, foi utilizado um Perfilômetro XP-2 (Ambios Technology). Não foram encontradas, na literatura, referências que utilizassem o perfilômetro para avaliação do valamento marginal de restaurações de resina composta utilizando a técnica direta como a metodologia descrita neste estudo. Contudo, para a definição de todos os parâmetros técnicos utilizados nesta pesquisa, foram realizados diversos testes pilotos com o objetivo de estabelecer-se uma metodologia precisa e de fácil reprodução.

Em cada amostra de dente bovino foram confeccionadas quatro cavidades, possibilitando a avaliação das quatro restaurações com as diferentes resinas compostas em um mesmo corpo-de-prova. O método utilizado, tanto para o ensaio de abrasão por escovação, quanto para a avaliação do valamento marginal (no perfilômetro), foi não-destrutivo, possibilitando uma avaliação longitudinal das restaurações ao longo dos períodos propostos (MITRA, WU e HOLMES, 2003; YAP, TAN e CHUNG, 2004; TEIXEIRA et al., 2005; TURSSI et al., 2007).

A integridade das margens das restaurações é obtida pela união do material com a estrutura dentária, e um apropriado condicionamento dos tecidos dentários com a correta aplicação dos agentes de união promove uma boa adaptação marginal e integridade da interface dente/restauração. Entretanto, em presença de cargas oclusais, pode haver a deterioração da integridade das margens das restaurações com a formação do valamento marginal que é acelerado ao longo do tempo (KAWAI e LEINFELDER, 1995). Com base nestas observações, o presente estudo verificou o comportamento dos compósitos após os períodos de abrasão por escovação equivalente a 1, 2, 4 e 6 anos, avaliando sua resistência à abrasão a longo prazo.

Pode-se afirmar que a hipótese inicial deste estudo foi confirmada, uma vez que houve diferença significativa entre as medidas de valamento marginal das resinas Filtek Supreme XT e Filtek Z350 (ambas com nanotecnologia) comparativamente às resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB (híbridas), sendo que as resinas Filtek Supreme XT e Z350 apresentaram as menores médias de valamento marginal em todos os períodos avaliados. Tanto a resina 4Seasons como a Tetric Ceram HB apresentaram um aumento significativo no valamento marginal após 4 e 6 anos de escovação simulada quando comparadas com as resinas Filtek Supreme XT e Z350 em cada período avaliado. A 4Seasons e a Tetric Ceram HB não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si em cada período. Já a resina Filtek Supreme XT não apresentou aumento significativo ao longo de todos os períodos avaliados sem apresentar diferenças estatísticas com a Filtek Z350. A resina Filtek Z350 não apresentou aumento significativo do valamento marginal nos períodos de 1, 2 e 4 anos. Entretanto, a média de valamento marginal após 6 anos de escovação simulada diferiu estatisticamente das médias após 1 e 2 anos de escovação mas não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparada com o período de 4 anos (Tabela 2).

Para justificar os resultados obtidos nesta pesquisa torna-se necessário entender que, segundo O'Brien e Yee (1980), existem cinco possíveis mecanismos de desgaste clínico das restaurações de resina composta: 1) desgaste da matriz resinosa, 2) perda de carga por falha da sua união com a matriz, 3) cisalhamento das partículas de carga, 4) falha coesiva através da matriz, e 5) exposição de bolhas

de ar. Os autores ainda relataram que esses mecanismos podem levar ao surgimento de depressões que variam de acordo com o tamanho das partículas de carga, resultando em aumento da rugosidade superficial. Segundo Teixeira et al. (2005), a textura mais rugosa da superfície da restauração pode acarretar a redução do brilho e descoloração ou pigmentação da restauração, afetando sua qualidade estética.

Para muitos autores, a resistência à abrasão dos compósitos depende do conteúdo de carga no que diz respeito à qualidade, quantidade e tamanho das partículas da carga, da matriz resinosa e da interface carga/matriz, com relação à silanização e distribuição das partículas na matriz. (SUZUKI et al., 1995; CONDON e FERRACANE, 1997; KAWAI, IWAMI e EBISU, 1998; KIM et al., 2002; LIM et al., 2002; YAP, TAN e CHUNG, 2004; TEIXEIRA et al., 2005; TURSSI, FERRACANE e VOGEL, 2005; NIHEI et al., 2008)

Em 1995, Suzuki et al. avaliaram a relação entre propriedades mecânicas, resistência à abrasão e o tamanho e forma das partículas de carga de alguns compósitos. Compararam compósitos com partículas esféricas e irregulares de diferentes tamanhos e observaram que os compósitos contendo as menores partículas esféricas apresentam maior resistência à abrasão. Os autores também realizaram análise em MEV, na qual foi observada que somente partículas maiores foram deslocadas após o teste de abrasão. Concluíram que tanto o tamanho quanto a forma das partículas de carga têm uma forte influência nas propriedades mecânicas e resistência à abrasão das resinas compostas. Os autores atribuíram estes resultados à diferença existente na distribuição do estresse provocado pela carga de abrasão. Nas partículas irregulares há maior concentração do estresse nos ângulos enquanto, nas esféricas, a distribuição é mais homogênea gerando um menor índice e desgaste.

Com base nessas informações, os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser explicados pelas diferenças na morfologia e tamanho das partículas de carga das resinas avaliadas. Os aspectos morfológicos, observados em MEV, das resinas estudadas nos diferentes períodos testados ilustram o comportamento de cada compósito frente ao teste de abrasão por escovação. Analisando as micrografias das

resinas Filtek Supreme XT e Filtek Z350, observam-se partículas arredondadas ou esféricas envolvidas pela matriz resinosa, assim como os nanoaglomerados descritos pelo fabricante e que também foram observados por Teixeira et al. em 2005. Nos compósitos Filtek Supreme e Z350, após os períodos de escovação, observou-se o desgaste da matriz resinosa e conseqüente exposição das partículas (Figuras 26 e 32). Em algumas áreas podem ser visualizadas depressões menores que representam o deslocamento de partículas (Figuras 27, 31 e 32) e depressões maiores que sugerem o deslocamento de aglomerados da superfície (da matriz) pela abrasão da escova e dentífrício (Figuras 28 e 33). Nas resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB pode-se observar a forma irregular das partículas de carga, esta última com partículas maiores que a 4Seasons (Figuras 16, 17 e 21). A Tetric Ceram HB, segundo o fabricante, possui maior conteúdo de carga (81% em peso) e partículas maiores variando de 0,04 a 3,0 μm . Nestas duas resinas também se observa a exposição das partículas à medida que se avançou o teste de abrasão (Figuras 16 a 24). Além disso, em ambas as resinas há o deslocamento de uma grande quantidade de partículas, percebendo-se um maior número de depressões na superfície da amostra quando comparadas com as resinas Filtek Supreme e Z350. Ao longo dos períodos avaliados há deslocamento da carga seguida do desgaste da matriz exposta das duas resinas, sugerindo uma perda de massa dos compósitos frente ao ensaio de escovação (Figuras 18, 19, 22 a 24). Nesse sentido, Kon, Kakuta e Ogura (2006) observaram que o estresse concentrado em áreas adjacentes às partículas mais anguladas (irregulares) pode ocasionar pequenos *cracks*, facilitando o desenvolvimento de fraturas e resultando em perdas de volume localizadas. Segundo Kawai, Iwami e Ebisu (1998), a propagação de fraturas ocorre mais freqüentemente na matriz da resina.

Em 2002, Kim, Ong e Okumo sugeriram que partículas menores para a mesma quantidade de carga devem ser utilizadas com o objetivo de reduzir o espaço entre elas e, conseqüentemente, reduzir a exposição da matriz e o desgaste do compósito. Nesse contexto, surge uma tendência nas pesquisas que visam melhorar a porção inorgânica dos compósitos resinosos pela redução das partículas de escalas micrométricas para escalas nanométricas (XIA et al., 2008). Em 2003, Mitra, Wu e Holmes, utilizando a tecnologia das nanopartículas, desenvolveram um nanocompósito: Filtek Supreme Universal Restorative (3M/ESPE). Esse novo

compósito foi comparado a compósitos híbridos, microhíbridos e microparticulados nas seguintes propriedades: resistência à compressão, resistência à tração diametral, resistência à fratura, resistência flexural, abrasão de três corpos e retenção de polimento e morfologia superficial após abrasão por escovação. Após a análise dos resultados, os autores concluíram que o sistema de nanocompósito mantém as propriedades mecânicas semelhantes aos compósitos híbridos, além de apresentar polimento, translucidez e retenção de polimento similar aos microparticulados. Portanto, seu uso estaria indicado para restaurações em dentes posteriores e anteriores.

Considerando essa tendência, justifica-se a avaliação, no presente estudo, de dois compósitos com nanopartículas e dois compósitos que não possuem essa tecnologia na sua composição. Analisando os resultados obtidos, pode-se afirmar que os compósitos com nanopartículas apresentaram as menores médias de valamento marginal, frente ao ensaio de abrasão por escovação, em todos os períodos testados. Em estudo realizado por Yap, Tan e Chung, em 2004, os resultados foram semelhantes, concluindo que a resistência ao desgaste dos compósitos com nanopartículas foi comparável ou superior aos compósitos poliácidos modificados, micropartículas e microhíbridos. Em 2005, Teixeira et al. também avaliaram os compósitos Filtek Supreme (nanoparticulado) e Z250 (microhíbrido) após teste de abrasão por escovação (10.000, 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos). O Filtek Supreme apresentou menor desgaste que o compósito Z250 após 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos, entretanto apresentou maior rugosidade superficial após 50.000 e 100.000 ciclos. As imagens obtidas nas avaliações em MEV e MFA indicaram uma topografia superficial mais homogênea no Filtek Supreme. A rugosidade superficial e a perda de material aumentaram a cada intervalo avaliado nas duas resinas. Características que também foram observadas (em MEV) no presente estudo (Figuras 25 a 34). Os autores afirmaram que, embora o desempenho inicial de ambas as resinas seja similar, o grande número de ciclos de escovação revelou que existem diferenças quanto a resistência à abrasão e rugosidade superficial, justificaram os resultados baseados nas diferenças de tamanho e distribuição das partículas de carga das resinas. Dessa forma, sugeriram que a resina Filtek Supreme possa ser indicada para restauração de áreas mais

sujeitas ao desgaste abrasivo da escovação como, por exemplo, restaurações classe V.

Reforçando a justificativa de avaliar compósitos com nanotecnologia, um estudo foi realizado por Beun et al. (2007) com o intuito de comparar a fração inorgânica e propriedades mecânicas de três compósitos nanoparticulados (Filtek Supreme, Grandio e Grandio Flow), quatro compósitos universais híbridos (Point 4, Tetric Ceram, Venus e Z100) e dois compósitos microparticulados (A110 e Durafill VS). Os autores afirmaram que resinas compostas nanoparticuladas apresentam propriedades mecânicas comparáveis às das universais e podem, conseqüentemente, ser utilizadas para a mesma indicação clínica, assim como para restaurações anteriores, devido às suas propriedades estéticas.

Contudo, as propriedades mecânicas dos compósitos também dependem da qualidade da interface das porções inorgânica e orgânica. Atualmente está largamente aceita a hipótese de que a degradação dos compósitos no ambiente oral pode ser ocasionada pela hidrólise dos agentes de união (silanos) que unem as partículas à matriz resinosa do compósito (SÖDERHOLM et al., 1984; SUZUKI et al., 1995; NIHEI et al., 2008). Quando há o deslocamento de partículas, a matriz resinosa fica mais exposta ao ambiente oral, o que pode acelerar a decomposição dos agentes silanos (SÖDERHOLM, 1984; SUZUKI et al., 1995). Estudos comprovaram que a qualidade da união das partículas na matriz influencia na resistência à abrasão dos compósitos e verificaram maior resistência à abrasão quando as partículas de carga estavam homoganeamente dispersas e bem unidas à matriz resinosa (CONDON e FERRACANE, 1997; LIM et al., 2002; TURSSI, FERRACANE e VOGEL, 2005; NIHEI et al., 2008).

Condon e Ferracane (1997) e Lim et al. (2002) concluíram que a resistência à abrasão dos compósitos tem sido melhorada pela incorporação de partículas menores, reduzindo o espaço interpartículas e, conseqüentemente, seu deslocamento durante o processo abrasivo (hipótese da proteção da matriz). Nas micrografias analisadas, para a presente pesquisa, observou-se maior quantidade de matriz envolvendo as partículas nas resinas Filtek Supreme XT e Z350, sendo que ambas apresentaram um aspecto superficial mais homogêneo, assim como

menor quantidade de partículas deslocadas pela abrasão ao longo do tempo, o que pode sugerir uma melhor união entre as partículas e a matriz, justificando as menores médias de valamento marginal dessas duas resinas ao longo de todos os períodos avaliados.

Relacionando-se os resultados de resistência à abrasão com a união carga/matriz, pode-se destacar o estudo realizado por Hu, Marquis e Shortall (2003), com resultados que permitiram afirmar que, no teste de abrasão de dois corpos, a adição de altos níveis de partículas de carga dentro da matriz resinosa pode reduzir a resistência ao desgaste do compósito quando essas partículas apresentarem uma fraca união com a matriz. Dessa maneira, as partículas não são capazes de suportar as forças de cisalhamento friccional e de carga, provocando seu deslocamento ou fragmentação quando em contato com a superfície do antagonista. Entretanto, Lim et al. (2002), em estudo para determinar o efeito do conteúdo de carga e tratamento da superfície das partículas na resistência à abrasão de compósitos microparticulados, concluíram que a resistência ao desgaste melhorou pela adição de maior volume de carga, independente do tratamento das partículas, mas que uma boa adesão carga/matriz é necessária para minimizar esse desgaste. Os autores suportaram seus resultados na “hipótese de proteção”, afirmando que partículas mais próximas protegem a matriz resinosa da abrasão. Condon e Ferracane (1997) descreveram a hipótese da proteção estimando que um espaço interpartículas menor que 0,10 μm é necessário para proteger a fase resinosa das forças abrasivas. Ressaltaram o efeito da silanização das partículas e a forte correlação entre o baixo desgaste e a alta concentração de partículas silanizadas. Sugerindo que o aumento da quantidade das partículas somente eleva a resistência à abrasão se elas estiverem bem unidas a matriz.

Nesse contexto, o valamento marginal pode estar relacionado com a interação carga/matriz resinosa e, conseqüentemente, com silanização das partículas. No presente estudo foram observados aumentos significativos no valamento marginal das resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB ao longo do tempo e quando comparadas com as resinas Filtek Supreme XT e Z350. Pode-se afirmar que, após cada período de escovação simulada, as resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB apresentaram médias de valamento marginal com valores de 1,8 a 2,8

vezes maiores que as resinas Filtek Supreme XT e Z350. Segundo Lambreschts et al. (2006), a fragilidade da interface carga/matriz promove o deslocamento das partículas frente às forças de abrasão, e o movimento das moléculas mais superficiais é transferido para a subsuperfície, ocasionando a ruptura da união intermolecular. Eventualmente são formadas microfraturas e, caso essas se propaguem até à superfície, pode haver perda de fragmentos de material induzindo ao desgaste por fadiga. Neste estudo observou-se um maior deslocamento de partículas e seus agrupamentos nas resinas Tetric Ceram HB e 4Seasons e pôde ser visualizado um padrão de desgaste equivalente entre essas duas resinas, assim como um conseqüente desgaste da matriz resinosa, sugerindo maior perda de massa desses compósitos. Ferracane e Condon (1999) ressaltaram que as propriedades dos compósitos possuem grande importância na integridade marginal da restauração, determinando sua resistência à degradação da margem dente/restauração.

Nihei et al. (2008) afirmaram que existe uma tendência dos compósitos, que utilizam os mesmos silanos no tratamento das partículas, apresentarem um comportamento semelhante. Os fabricantes (3M/ESPE e Ivoclar Vivadent) não revelam o agente de união utilizado na composição das resinas avaliadas nesta pesquisa, mas observou-se uma equivalência no padrão de desgaste e na medida de valamento marginal entre os compósitos do mesmo fabricante, sendo que os melhores resultados foram observados nas resinas da 3M/ESPE.

Tendo visto amplas vantagens da utilização da nanotecnologia nos compósitos restauradores é imprescindível destacar que os aglomerados das nanopartículas podem atingir tamanhos micrométricos e dessa maneira comprometer as características de translucidez dos compósitos. Portanto, sendo essa considerada uma desvantagem para os materiais estéticos, se justifica o atual direcionamento das pesquisas visando a melhor dispersão das partículas e aglomerados na matriz orgânica (XIA et al., 2008). Sabe-se também que a organização microestrutural dos compósitos pode determinar suas propriedades físicas (RODRIGUES JUNIOR et al., 2008) destacando-se novamente a importância da interface carga/matriz. Neste sentido, Xia et al. (2008) afirmaram que os efeitos dessa interface são mais proeminentes nos nanocompósitos que nos compósitos

com partículas micrométricas, já que as nanopartículas e seus aglomerados possuem maior área de superfície. Os autores concluíram que os compósitos, que possuem nanopartículas silanizadas, não somente apresentam maiores propriedades mecânicas, como são mais resistentes à sorção de água e ao desgaste generalizado.

As nanopartículas tendem a absorver água, alterando sua estrutura. Esse processo dá origem a faixas de absorção, tornando mais viáveis as modificações químicas na superfície das partículas. Xia et al. (2008) estudaram a adição de nanopartículas de TiO_2 modificadas com um organossilano ATEs e concluíram que essa camada de silano estimula a combinação adicional de nanopartículas à matriz.

Nihei et al. (2008) avaliaram a resistência à abrasão de compósitos modificados por um novo silano hidrofóbico (ρ -MBS). Os resultados sugerem que as resinas que tiveram suas partículas modificadas pelo ρ -MBS possuem maior resistência à abrasão. Os autores justificaram os resultados afirmando que as superfícies tratadas com o novo silano apresentam alta afinidade com a matriz resinosa do compósito, formando uma camada altamente hidrofóbica na superfície das partículas. Essa camada atua inibindo a difusão de água no interior da matriz orgânica e pode tornar o material mais resistente à abrasão, quando comparado aos compósitos com partículas tratadas com agentes hidrofílicos.

Portanto, estão evidentes os benefícios que a nanotecnologia vem promovendo nos compósitos restauradores. Os resultados obtidos na presente pesquisa sugerem que a incorporação de carga, por intermédio das nanopartículas, melhora a resistência à abrasão das resinas compostas testadas. Com base na literatura analisada, conclui-se que já existe a tendência de melhorar a dispersão dessas partículas e de seus aglomerados, no interior da matriz resinosa, com o intuito de agregar mais qualidade estética a esses materiais. As pesquisas atuais estão voltadas para a união dessas partículas nanométricas com a matriz orgânica e novas tecnologias de agentes de união deverão surgir.

Com relação à formação de valamento marginal, esta pesquisa teve como prioridade avaliar o impacto do processo de higiene oral nas restaurações de resina

composta; no entanto, forças oclusais e de mastigação, hábitos parafuncionais e outros efeitos relacionados à dieta podem promover o envelhecimento das restaurações no ambiente oral. No que diz respeito às características intrínsecas dos materiais, propriedades mecânicas, como a contração de polimerização, também podem determinar a descontinuidade da margem da restauração com o passar do tempo. Torna-se necessário complementar esta pesquisa, avaliando-se a influência que essas propriedades mecânicas possuem na formação do valamento marginal das restaurações de resina composta.

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se sugerir que se priorize a seleção de compósitos nanoparticulados para restaurações em áreas de estresse oclusal e sujeitas à ação da escovação. Pode-se afirmar que a interface dente/restauração das restaurações realizadas com os compósitos Filtek Supreme e Filtek Z350 está menos sujeita à degradação e formação de valamento marginal ao longo do tempo dentro dos parâmetros deste estudo. Como benefício clínico, pode-se inferir que as restaurações confeccionadas com esses materiais provavelmente apresentarão menor índice de pigmentação das margens, permanecendo por maior tempo com boa qualidade estética, menor possibilidade de infiltração marginal e manutenção da anatomia e estabilidade oclusal.

7. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa pode-se concluir que:

- O ensaio de abrasão por escovação promoveu a formação de valamento marginal em todas as resinas avaliadas, sendo que todas apresentaram um aumento no índice ao longo do tempo, porém sem diferenças estatisticamente significativas nos períodos correspondentes a 1 e 2 anos.
- As resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB apresentaram aumento significativo do valamento marginal, quando comparadas com as resinas Filtek Supreme e Z350, após os períodos correspondentes a 4 e 6 anos, sem apresentar diferenças estatísticas entre si.
- A resina Filtek Supreme XT não apresentou aumento significativo do valamento marginal ao longo de todos os períodos avaliados sem apresentar diferenças estatísticas quando comparada com a Filtek Z350.
- A resina Filtek Z350 não apresentou aumento significativo do valamento marginal nos períodos correspondentes a 1, 2 e 4 anos. Entretanto, a média de valamento marginal após 6 anos diferiu estatisticamente das médias após os períodos correspondentes a 1 e 2 anos de escovação, sem apresentar diferença estatisticamente significante quando comparada com o período de 4 anos.
- Através da MEV, observou-se nas resinas 4Seasons e Tetric Ceram HB, nos períodos avaliados, imagens indicativas de deslocamento das partículas de carga, exposição e desgaste da matriz orgânica mais evidentes do que nas resinas Filtek Supreme e Filtek Z350.

REFERÊNCIAS¹

- AKER, J.R. New composite resins: comparison of their resistance to toothbrush abrasion and characteristics of abraded surfaces. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v. 105, n.4, p. 633-635, Oct. 1982.
- BEUN, S. et al. Characterization of nanofilled compares to universal and microfilled composites. **Dental Materials**, Kidlington, v. 23, n. 1, p. 51-59, Jan. 2007.
- CHIMELLO, D.T. et al. Assessing Wear and Surface Roughness of Different Composite Resins after Toothbrushing. **Materials Research**, São Carlos, v.4, n. 4, p. 285-289, Oct. 2001.
- CONDON, J. R.; FERRACANE, J. L. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear simulator. **Dental Materials**, Kidlington, v. 12, n. 4, p. 218-226, July 1996.
- CONDON, J. R.; FERRACANE, J. L. *In vitro* wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. **Journal of Dental Research**, Birmingham, v. 76, n. 7, p. 1405-1411, July 1997.
- DELONG, R. Intra-oral restorative materials wear: Rethinking the current approaches: How to measure wear. **Dental Materials**, Kidlington, v. 22, n. 8, p. 702-711, Aug. 2006.
- FERRACANE, J. L.; CONDON, J. R. In vitro evaluation of the marginal degradation of dental composites under simulated occlusal loading. **Dental Materials**, Kidlington, v. 15, n. 4, p. 262-267, July 1999.
- FERRACANE, J. L., Is the wear of dental composites still a clinical concern? Is there still a need for in vitro wear simulating devices? **Dental Materials**, Kidlington, v. 22, n. 8, p. 689-692, Aug. 2006.
- FERREIRA, A.C.F. et al. Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos. **Revista Paulista de Odontologia**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 18-22, mar./abr. 2002.
- HEINTZE, S. D. et al. A comparison of three different methods for the quantification of the in vitro wear of dental materials. **Dental Materials**, Kidlington, v. 22, n. 11, p. 1051-1062, Nov. 2006.
- HU, X.; MARQUIS, P.M.; SHORTALL, A.C. Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. **Journal of Oral Rehabilitation**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 729-737, July 2003.

¹ Conforme ABNT-NBR 6023: ago 2002.

KAWAI, K.; LEINFELDER, K. F. Effect of resin composite adhesion on marginal degradation. **Dental Materials Journal**, Kagoshima, v. 14, n. 2, p. 211-220, Dec. 1995.

KAWAI, K.; IWAMI, Y.; EBISU, S. Effect of resin monomer composition on toothbrush wear resistance. **Journal of Oral Rehabilitation**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 264-268, Apr. 1998.

KIM, K. H.; ONG, J. L.; OKUMO, O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Augusta, v. 87, n. 6, p. 642-649, June 2002.

KON, M.; KAKUTA, K.; OGURA, H. Effects of occlusal and brushing forces on wear of composite resins. **Dental Materials Journal**, Kagoshima, v. 25, n. 1, p. 183-194, Mar. 2006.

LAMBRECHTS, P. et al. How to simulate wear? Overview of existing methods. **Dental Materials**, Kidlington, v. 22, n. 8, p. 693-701, Aug. 2006.

LIM, B.S. et al. Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites. **Dental Materials**, Kidlington, v.18, n. 1, p. 1-11, Jan. 2002.

MAIR, L. H. Wear in dentistry – current terminology. **Journal of Dentistry**, Exeter, v. 20, n. 3, p. 140-144, June 1992.

MITRA, S. B.; WU, D.; HOLMES, B. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **Journal of American Dental Association**, Chicago, v. 134, n. 10, p. 1387-90, Oct. 2003.

MOMOI, Y. et al. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. **Dental Materials**, Kidlington, v. 13, n. 2, p. 82-88, Mar. 1997.

NIHEI, T. et al., Three-body-wear resistance of the experimental composites containing filler treated with hydrophobic silane coupling agents. **Dental Materials**, Kidlington, v. 24, n. 6, p. 760-764, June 2008.

O'BRIEN, W.J.; YEE, J.J. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 5, n. 3, p. 90-94, Summer 1980.

RATANAPRIDAKUL, K.; LEINFELDER, K.F.; THOMAS, J. Effect of finishing on the in vivo wear rate of a posterior composite resin. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v.118, n.3, p.333-335, Mar. 1989.

RODRIGUES JUNIOR, S. A. et al. Microstrutural characterization and fracture behavior of a microhybrid and nanofill composite. **Dental Materials**, Kidlington, v. 24, n. 9, p. 1281-1288, Sept. 2008.

SÖDERHOLM, K.J. et al. Hydrolytic Degradation of Dental Composites. **Journal of Dental Research**, Birmingham, v. 63, n.10, p.1248-1254, Oct. 1984.

SENAWONGSE, P.; PONGPRUESKA, P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. **Journal of Esthetic Restorative Dentistry**, Chapel Hill, v. 19, n. 5, p. 265-275, Oct. 2007.

SUZUKI, S. et al. Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. **American Journal of Dentistry**, Weston, v. 8, n. 4, p.173-178, Aug. 1995.

TEIXEIRA, E.C.N. et al. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. **Journal of Esthetic Restorative Dentistry**, Chapel Hill, v. 17, n. 3, p. 172-182, May 2005.

TOCHETTO, Luciane Rizzatti. **Avaliação *in vitro* da resistência à abrasão de resinas compostas submetidas à aplicação de selantes de superfície**. 2005.105 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia - Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia, PUCRS, Porto Alegre, 2005.

TURSSI, C.P.; FERRACANE, J.L.; VOGEL, K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. **Biomaterials**, Bruxelas, v. 26, n. 24, p. 4932-4937, Aug. 2005.

TURSSI, C.P.; FERRACANE, J.L.; SERRA, M.C. Abrasive wear of resin composites as related to finishing and polishing procedures. **Dental Materials**, Kidlington, v. 21, n. 7, p. 641-648, July 2005.

TURSSI, C. P. et al. Comparative study of the behavior of composites for posteriors restorations. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, New York, v. 18, n. 1, p. 143-147, Jan. 2007.

ULUSU, T.; ÖZTAS, N.; TULUNOGLU, O. Comparison of the effect of insertion techniques of a resin composite on dentinal adaptation of two visible light-cured bases: Direct evaluation versus a replica technique. **Quintessence International**, Illinois, v. 27, n. 1, Jan. 1996.

WAKAMATSU, Y.; KAKUTA, K.; OGURA, H. Wear test combining simulated occlusal wear and toothbrush wear. **Dental Materials Journal**, Kagoshima, 22, n. 3, p. 383-396, Sept. 2003.

YAP, A.U.J.; TAN, C.H.; CHUNG, S.M. Wear Behavior of New Composite Restoratives. **Operative Dentistry**, Seattle, v. 29, n. 3, p. 269-274, May/June 2004.

YESIL, Z.D. et al. Evaluation of the wear resistance of new nanocomposite resin restorative materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Augusta, v. 99, n. 6, p. 435-443, June 2008.

XIA, Y. et al. Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites. **Journal of Dentistry**, Exeter, v. 36, n. 6, p. 450-455, June 2008.