

KAZUZA BUENO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO
DE RESINAS COMPOSTAS UNIVERSAIS**

Florianópolis
2007

KAZUZA BUENO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO
DE RESINAS COMPOSTAS UNIVERSAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri
Co-orientador: Prof. Dr. Élio Araújo

Florianópolis
2007

KAZUZA BUENO FERREIRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO DE RESINAS COMPOSTAS UNIVERSAIS

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ODONTOLOGIA – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DENTÍSTICA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Florianópolis, 30 de março de 2007.

Prof. Dr. Ricardo de Souza Vieira
*Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Odontologia*

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri
Orientador

Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira
Membro

Profa. Dra. Maria Cecília Veronezi Daher
Membro

*Dedico esse trabalho aos meus pais, **Noel e Aparecida**, que são os meus educadores na escola da vida. Pai e mãe com vocês eu aprendi que as dificuldades antecedem as conquistas, que as preces antecedem a glória, que os sonhos antecedem as realizações...*

Foi com o apoio, dedicação e com as orações de vocês que eu enfrentei todas as dificuldades e agora chegou a hora de realizarmos o NOSSO sonho. Essa conquista é NOSSA! Eu amo muito vocês!

AGRADECIMENTOS

*Ao meu orientador, professor **Luiz Narciso Baratieri**, a quem eu tanto admiro como profissional, pela dedicação, empenho, coragem, inteligência, sensibilidade, seriedade e, como pessoa, por sua fé, respeito, carisma, sensatez, dignidade... por guiar todos os meus passos dessa caminhada, por me dar oportunidades jamais imaginadas, por depositar confiança em mim e, ainda mais, por me fazer acreditar que sou merecedora de tudo isso.*

Muito obrigada!

Professor, o senhor é capaz de mudar e fazer maravilhas na vida das pessoas. Peço à Deus que te conserve assim, que te abençoe e te proteja sempre!

*Ao meu co-orientador, professor **Élito Araújo**, a quem eu tanto admiro, pelo exemplo de disciplina, ética e sabedoria. Muito obrigada por me ensinar que, para adquirirmos todas essas qualidades, no decorrer da vida, é necessário que se tenha muita sensibilidade! O senhor é muito especial!*

*Ao professor **Luiz Clovis Cardoso Vieira**, pela autenticidade de suas palavras e seus conselhos, por me propor desafios e me fazer acreditar que sou capaz de vencê-los, por me “proteger” nas bancadas do estágio docência, pelo carinho, pela amizade, por sua alegria e simpatia contagiantes e, em especial, pela disposição em analisar esse trabalho e enriquecê-lo com suas sugestões.*

*Ao professor **Sylvio Monteiro Junior**, por ser um grandessíssimo professor, dotado de uma fascinante capacidade de ensinar e se fazer compreender. Professor, o senhor nasceu para exercer a docência e assim servir de exemplo e motivação para todos nós. Muito obrigada por me atender em todas as vésperas das minhas aulas, por esclarecer algumas das minhas dúvidas (porque outras o senhor não me respondia para que eu fosse pesquisar), por me acalmar e confiar em mim, pelos excelentes conselhos e pela grande amizade.*

*Ao professor **Mauro Amaral Caldeira de Andrade**, por colocar sempre a disposição o seu conhecimento para enriquecer esse trabalho, por me fazer acreditar na minha capacidade, por me auxiliar em minhas decisões, pela atenção, pelo carinho e por ter, juntamente com sua esposa **Graça**, me ajudado a superar um dos momentos mais difíceis da minha vida. Serei eternamente grata por tudo o que fizeram por mim!*

*Ao professor **Hamilton Pires Maia**, por sua clareza em ensinar e transmitir o conhecimento, por seus conselhos em minhas aulas e pelas idéias construtivas para aprimorá-las, pela atenção constante e pela grande amizade.*

*Ao professor **César Alves de Andrade**, pelo exemplo de disposição e alegria de ensinar e pelo maravilhoso convívio.*

*Ao professor **João Roberto Sanford Lins**, por todos os conhecimentos transmitidos, por seu carisma, pela amizade, pela proteção e por me impressionar todos os dias de nosso convívio com a grandeza de seu coração.*

*Ao professor **Cléo Nunes de Souza**, pela atenção e amizade e pela companhia sempre muito agradável no estágio docência.*

*Ao professor **Gilberto Müller Arcari**, pelos ensinamentos, pela atenção e por me fazer apaixonar por fotografia.*

Ao professor **Edson Araujo**, pelo incentivo, pelo apoio, pelas orientações e ensinamentos e pela grande amizade.

Ao professor **Guilherme Carpena Lopes**, pelos conhecimentos transmitidos, pelas oportunidades e por todos os créditos que ressaltou em mim, os quais muitas vezes me fizeram enfrentar as dificuldades.

À professora **Maria Cecília Veronezi Daher**, pela qual é impossível mensurar a minha admiração. Professora, é difícil enumerar os agradecimentos que eu gostaria de lhe fazer. São muitos... mas, eu não posso deixar de te agradecer, principalmente, por ter sido a minha inspiração para a carreira docente. O seu modo de transmitir os conhecimentos, sua paciência em ensinar, o seu exemplo de profissional dedicada, responsável e que tem prazer em exercer a docência são contempláveis. Eu te agradeço também por sua atenção e por todo o auxílio que sempre me prestou, pela amizade e pela confiança que depositou em mim. Estou muito feliz por ter aceitado o meu convite para a banca examinadora e por estar comigo nesse momento tão especial. Espero, um dia, poder retribuir tudo o que fez por mim. Muito obrigada!

À todos os meus **professores da Universidade do Sagrado Coração**, por possibilitaram a minha formação profissional, por me aconselharem em minhas dúvidas, por me incentivarem a fazer o mestrado...

Vocês moram no meu coração! Saudades de todos!

Às minhas professoras de residência do Centrinho, **Ana Lúcia de Almeida e Sueli Devides**, por todos os ensinamentos em Periodontia, pela paciência, pela amizade e pelo apoio para a realização desse curso de mestrado.

À todos os meus **professores do Mestrado Profissionalizante da USC**, em especial meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Francischone, pela minha formação em nível de pós-graduação, pelos conselhos e pelo apoio em minhas decisões.

À professora **Mirian**, pela amizade e pelo carinho.

À professora **Elaine Maia**, pela disposição e pelo exemplo de profissional.

À professora **Ana Paula Rosifini**, pelas informações e pelo apoio prestado durante a execução do teste de escovação simulada.

À professora **Liene**, pela atenção, disposição em ensinar e ajudar e pela revisão estrutural desse trabalho.

Ao professor **Sérgio Freitas**, pelo auxílio nas análises estatísticas dessa pesquisa.

Aos meus amigos de mestrado, **Fernando, Flávia, Gustavo, Jussara, Leandro, Lessandro, Luís, Mônica e Tiago**, por tudo o que aprendemos juntos, por me ajudarem a amadurecer e pelas experiências vividas e divididas.

Aos meus amigos do doutorado, **Claúdia, Fabiano Araújo, Fabiano Marson, Isana, Lizzete, Luís, Mary, Naudy, Paula, Renata, Saulo, Sérgio**, pela amizade, pelas orientações, pelo apoio, por esclarecerem muitas dúvidas e pelo incentivo.

Aos novos alunos de mestrado, **Eduardo, Juan, Junio, Lívia, Luana, Marcelo, Max, Neimar, Renan, Silvana, Scheila**, pela convivência, pelos bons momentos na salinha e pelo carinho.

Aos novos alunos de doutorado, **Beatriz, Fábio, Jackeline, Letícia e Luciana**, pela amizade, cumplicidade, incentivo, carinho e pelo maravilhoso convívio durante o estágio docência.

Aos meus queridos amigos da especialização, **André, Bruno, Caren, Cassiana, Charles, Dani, Guilherme, Jorge, Juan, Junio, Lili, Luana, Luciane, Marcel, Marcelo, Malu, Nicolas, Rafa, Raquele, Tamara e Tayanna**, pela paciência e pelo carinho que têm comigo, pela confiança que depositam em mim e por tornarem maravilhosos todos os momentos do nosso convívio.

À, **Marcia Meier e Letícia Ferri**, pela atenção, pela constante troca de conhecimentos e por todo o auxílio para a realização dessa pesquisa.

À **Misleine de Castro**, técnica mecânica do LABMAT, pelo auxílio na análise microscópica das amostras desse estudo, pela paciência, pela simpatia e pela disposição em ajudar.

Aos mestrandos **Steferson e Marcelo** do LASUS, por me auxiliarem nas avaliações das amostras no rugosímetro e pelas trocas de informações sobre o assunto.

Ao **Fábio Andretti**, pela gentileza, por sua educação e, em especial, por essa e outras traduções de inglês em que já me ajudou.

À grande amiga e secretária da disciplina de Dentística, **D. Léa**, pela atenção e acolhida, pelo carinho, pelos conselhos e pelo maravilhoso convívio.

À **D. Talita e ao Richard**, pela presteza, disposição em me ajudar sempre e pela atenção e carinho que têm comigo.

À **Rosângela e Terezinha**, pela atenção e paciência que sempre tiveram comigo e pela gentileza que sempre me trataram.

À secretária da pós-graduação **Ana** e ao estagiário **Diego**, por todas as orientações durante o curso de mestrado e nesse momento da defesa da dissertação, por sempre me darem tanta atenção e me tratarem com tanto carinho.

Às bibliotecárias do CCS da UFSC, **D. Vera, Márcia e Avani**, pela atenção e auxílio durante o levantamento bibliográfico dessa pesquisa.

À **Cléo**, por me receber tão bem, pelas dicas e pela atenção e pela impressão desse trabalho.

Ao funcionário do laboratório de materiais **Lauro**, pela disposição em me atender e por emprestar o seu rádio/TV para quebrar o silêncio do laboratório no fim de semana e a noite.

Ao **Edevaldo**, pela presteza em seu serviço e pelas palavras de fé.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À **Deus**, pela minha saúde, por me proteger, por me fortalecer, por confortar meu coração, por guiar todos os meus passos, por me acompanhar e nunca me deixar só, por ouvir minhas preces e, principalmente, por me perdoar pelos meus esquecimentos de agradecer o que me concede.

Aos meus avós, **Pedro** (in memorian), **Abigail** (in memorian) e **Eduardo** (in memorian) pelo maravilhoso exemplo que me transmitiram de que com força de vontade e trabalho, como vocês mesmos diziam, é que se vence na vida.

À minha avó **Ana**, que eu amo e admiro tanto, pelo exemplo de mulher batalhadora, honesta e autêntica, pela sua força para enfrentar as dificuldades, pelo seu exemplo de vida e por compreender a minha ausência nesse momento que estás precisando tanto dos seus.

Ao meu irmão, **Dinarte**, por ser o meu grande amigo, tão prestativo e atencioso, por me ouvir chorar, por me consolar, por compreender a minha ausência, por segurar muita barra em casa fazendo o papel de irmão, irmã, pai e mãe. Sinto-me privilegiada por ter você como irmão. Muito obrigada por tudo!

À minha irmã, **Mayara**, por apostar, confiar e acreditar em mim e por ser tão madura, mesmo sendo a caçulinha, a ponto de me aconselhar e me chamar a atenção. Eu tenho aprendido muito com você minha garotinha!

Ao meu grande amor, **Carlinhos**, por ter entrado na minha vida, por estar sempre presente mesmo ausente, por suportar a distância, por me esperar, por me respeitar, por me defender, por querer o meu bem, por cuidar da minha saúde, por me ouvir, por me aconselhar, por me apoiar incondicionalmente, por me fazer feliz, por participar das minhas decisões, por ser tão gentil, por ser meu amigo, por ser meu porto-seguro, por...por...por... por.....

À minha cunhada **Hully**, por cuidar tão bem do meu irmão, por trazer alegria para a nossa família, por ser tão otimista sempre que fala comigo e pelo carinho.

À minha futura família, meu sogro **S. Franciso** e minha sogra **D. Tereza**, meus cunhados e cunhadas e todos os meus sobrinhos, por torcerem tanto por mim, por me incentivarem e pela compreensão da minha ausência nos momentos especiais.

Aos meus **tios (as) e primos (as)**, por me apoiarem nos meus estudos e compreenderem a minha ausência nas suas comemorações.

À minha médica, Dra. **Lílian Schwanz Lucas**, por me dar a mão para me ajudar a levantar, por se preocupar comigo, por ser tão atenciosa com o meu tratamento, pelas orientações e recomendações, pela paciência e pela atenção. Muito obrigada!

À **Fernanda Valim**, por todos os momentos que passamos juntas e por continuarmos unidas por essa sintonia inexplicável, pela nossa amizade sólida, pelo seu carinho e preocupação comigo, por todo o apoio e confiança.

À **Aline**, minha amiga-irmã, por me conhecer tão bem, por me confortar, por me ajudar a solucionar dos mais simples aos mais complexos problemas, por ser tão presente e atenciosa.

À **Jussara**, pela oportunidade de trabalharmos juntas e nos tornarmos amigas, por tudo o que vivemos sorrindo e chorando, vibrando e sofrendo, caindo e levantando, errando e aprendendo, começando e terminando... Muito obrigada pela convivência, pela companhia e pelas experiências vividas.

Ao **Juan, Jessy, José Daniel e Juan Carlos**, pela amizade, pelo carinho e por serem uma família linda. Muito obrigada, Juan, por me ajudar a fotografar toda a metodologia desse trabalho.

À **Flávia**, por ser tão prestativa e atenciosa comigo, pela preocupação constante, por se disponibilizar em me ajudar, por todas as dicas e pelo apoio no desenvolvimento dessa dissertação.

À **Tayanna**, minha primeira estagiária e, hoje, minha grande amiga, pelo maravilhoso convívio, por ser minha companheira, por se preocupar tanto comigo e por todas as palavras de conforto e apoio.

À **Celene, Lígia, Tati, Juliana e Marcelo**, por todos os momentos que passamos juntos, pelos pensamentos positivos e votos de sucesso e pelo valor da nossa amizade.

À **Cimara, Cleide, Dri, Fabi, Anete, Camila Ambrosi, Fernanda Boing, Alessandra Araújo, Eli e Suelene**, pela amizade, pelo incentivo em todos os momentos e pelo afeto.

***“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”
(Cora Coralina)***

FERREIRA, K.B. **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de resinas compostas universais**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RESUMO

O objetivo desse estudo, *in vitro*, foi avaliar a resistência ao desgaste abrasivo das resinas compostas universais Charisma/CH (Heraeus Kulzer), Esthet-X/EX (Dentsply Caulk), Fill Magic/FM (Vigodent), Filtek Supreme/SU (3M ESPE), Filtek Z100/ Z1 (3M ESPE), Filtek Z250/Z2 (3M ESPE), Herculite XRV/HE (Kerr Dental), Opallis/OP (FGM), Te-econom/TN (Ivoclar Vivadent) e Tetric Ceram/TC (Ivoclar Vivadent). Foram confeccionados 8 corpos-de-prova, na cor A2, com formatos cilíndricos (8,0 mm de diâmetro X 2,0 mm de espessura) de cada material. A resistência ao desgaste abrasivo foi avaliada através de análises das alterações na massa e na rugosidade superficial das amostras submetidas à escovação simulada. As mensurações iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) de massa foram obtidas através de balança eletrônica com precisão de 0,0001g. As aferições iniciais e finais da rugosidade superficial foram feitas com uma sonda mecânica de 5µm acoplada ao rugosímetro Perthometer S8P (Mahr), com velocidade constante de 0,15mm/s e força de 0,8mN, utilizando o parâmetro de medição R_a expresso em µm, com *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 1,25mm. O teste abrasivo foi realizado em uma máquina de escovação simulada, utilizando escovas dentais de cerdas macias e pontas arredondadas, sob 200g de carga, com velocidade de 374 ciclos/min e solução de dentífrico e água deionizada na proporção de 1:2. As amostras foram submetidas a 50.000 ciclos de escovação. As escovas foram substituídas a cada 25.000 ciclos e a solução foi constantemente repostada durante o teste. Para a avaliação das alterações decorrentes do teste abrasivo foram calculadas as diferenças entre as médias finais e iniciais de massa e de rugosidade superficial e os valores obtidos foram convertidos em porcentagem. Os dados foram analisados estatisticamente através dos testes *t* pareado, ANOVA, Scheffé e correlação de Pearson ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que todos os materiais apresentaram redução estatisticamente significativa da massa e aumento estatisticamente significativo da rugosidade superficial após a escovação simulada ($p < 0,0001$). Considerando as alterações na massa, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados foi (OP=Z2) > Z1 > TC > (HE=CH) > FM > TN > SU > EX. Com relação às alterações na rugosidade superficial, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados foi EX > (HE = SU = TC = CH = FM) > (TC = CH = FM = OP) > (OP = Z2 = TN = Z1). Os métodos de avaliação de resistência ao desgaste não possuem correlação. Com base nos resultados concluiu-se que dentre as resinas compostas universais avaliadas existem diferenças na resistência à abrasão, entretanto, todas desgastam e ficam mais rugosas em consequência de forças abrasivas por escovação simulada. As alterações de massa e de rugosidade superficial das resinas compostas não estão correlacionadas.

Palavras-chave: Resinas compostas. Desgaste de restauração dentária. Propriedades de superfície.

FERREIRA, K.B. **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de resinas compostas universais**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ABSTRACT

The aim of this *in vitro* study was to evaluate the wear strength of universal composite resins Charisma/CH (Heraeus Kulzer), Esthet-X/EX (Dentsply Caulk), Fill Magic/FM (Vigodent), Filtek Supreme/SU (3M ESPE), Filtek Z100/ Z1 (3M ESPE), Filtek Z250/Z2 (3M ESPE), Herculite XRV/HE (Kerr Dental), Opallis/OP (FGM), Teconom/TN (Ivoclar Vivadent) and Tetric Ceram/TC (Ivoclar Vivadent). Eight cylinder-shaped specimens (8mm diameter, 2mm thickness) of composite resin (A2 shade) were made for each material. Wear strengths were evaluated by mass and surface roughness changes of the specimens subjected to simulated brushing. Baseline (prior to simulated toothbrushing) and final (after simulated toothbrushing) measurements were obtained using a precision electronic balance with .0001g accuracy. Baseline and final surface roughness measurements were made using a 5µm probe attached to a profilometer (Perthometer S8P, Mahr) at 0.15mm/s speed, 0.8mN load, R_a parameter in µm, cut-off 0.25mm and 1.25mm traversing length. Abrasion test was performed in a toothbrushing simulation device, using soft, rounded bristle toothbrushes, 200g loading, 374 cycles/min and a dentifrice/deionized water slurry in a 1:2 proportion. The specimens were subjected to 50,000 brushing cycles. The toothbrushes were replaced each 25,000 cycles and the slurry was continuously replaced throughout the test. Mass loss changes and surface roughness were calculated from the differences between baseline and final mass mean values, and were then converted in percent. Data were statistically analyzed using paired t-Test, one-way ANOVA, Scheffé, and Pearson correlation tests ($p < 0.05$). The results have shown that all the materials presented statistically significant mass loss, and a significant increase of surface roughness after the simulated toothbrushing ($p < .0001$). Regarding the mass changes, the wear strengths of the materials in the increasing order were (OP=Z2) > Z1 > TC > (HE=CH) > FM > TN > SU > EX. The surface roughness in increasing order of the materials were EX > (HE = SU = TC = CH = FM) > (TC = CH = FM = OP) > (OP = Z2 = TN = Z1). The methods of wear strength evaluation did not present correlation. It was concluded that the universal composite resins tested presented statistically significant differences of wear strengths. However, all composites presented wear and increased surface roughness because of the abrasive forces from simulated toothbrushing. Mass loss and surface roughness changes did not present statistic correlation.

Keywords: Composite resins. Dental restoration wear. Surface properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Resinas compostas utilizadas na pesquisa.....	61
Figura 2 –	Matriz de alumínio utilizada para a confecção dos corpos-de-prova.....	64
Figura 3 –	Lubrificação da perfuração escolhida com vaselina sólida para a confecção dos corpos-de-prova.....	65
Figura 4 –	Matriz de alumínio apoiada sobre a fita matriz de poliéster e a placa de vidro.....	65
Figura 5 –	Inserção de um único incremento de resina composta na matriz com o auxílio de uma espátula.....	65
Figura 6 –	Acomodação da resina composta.....	65
Figura 7 –	Pressão digital sobre a lâmina de vidro e fita matriz de poliéster para uniformização da superfície da resina composta.....	65
Figura 8 –	Aparelho fotopolimerizador Optilux 501.....	66
Figura 9 –	Aferição da intensidade de luz no radiômetro digital acoplado ao fotopolimerizador.....	66
Figura 10 –	Fotopolimerização inicial do corpo-de-prova através da fita matriz de poliéster.....	66
Figura 11 –	Fotopolimerização efetiva do corpo-de-prova após a remoção da fita matriz de poliéster.....	66
Figura 12 –	Remoção do corpo-de-prova da matriz através de pressão digital.....	67
Figura 13 –	Enumeração dos corpos-de-prova.....	68
Figura 14 –	Frasco escuro utilizado para o armazenamento dos corpos-de-prova de cada resina composta.....	68
Figura 15 –	Lixamento manual das saliências laterais dos corpos-de-prova.....	68
Figura 16 –	Limpeza das amostras em água corrente.....	68
Figura 17 –	Balança eletrônica utilizada para a determinação da massa dos corpos-de-prova.....	69
Figura 18 –	Posicionamento da amostra na região central do prato da balança.....	69
Figura 19 –	Pesagem do corpo-de-prova.....	69
Figura 20 –	Rugosímetro de bancada.....	71

Figura 21 –	Representação esquemática de R_a	72
Figura 22 –	Sonda mecânica do tipo estilete.....	73
Figura 23 –	Calibração da sonda mecânica com o padrão de rugosidade PGN3.....	74
Figura 24 –	Remoção da amostra do frasco de armazenamento.....	74
Figura 25 –	Secagem do corpo-de-prova com papel absorvente.....	74
Figura 26 –	Imobilização do corpo-de-prova com silicone de adição para a aferição da rugosidade superficial.....	75
Figura 27 –	Máquina de escovação simulada utilizada no teste de abrasão.....	76
Figura 28 –	Escovas dentais utilizadas no teste de abrasão.....	77
Figura 29 –	Posicionamento das cerdas da escova dental na superfície dos corpos-de-prova.....	77
Figura 30 –	Creme dental utilizado no teste de abrasão.....	77
Figura 31 –	Pesagem do dentifrício (50g).....	78
Figura 32 –	Becker com água deionizada (100 ml).....	78
Figura 33 –	Preparo da solução para o teste de escovação.....	78
Figura 34 –	Solução recém-preparada para ser utilizada durante o teste de escovação.....	79
Figura 35 –	Limpeza dos corpos-de-prova em água corrente.....	80
Figura 36 –	Limpeza das amostras no aparelho de ultra-som.....	80
Figura 37 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina CH pré-escovação simulada.....	93
Figura 38 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina CH pós-escovação simulada.....	93
Figura 39 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina EX pré-escovação simulada.....	93
Figura 40 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina EX pós-escovação simulada.....	93
Figura 41 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina FM pré-escovação simulada.....	93
Figura 42 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina FM pós-escovação simulada.....	93
Figura 43 –	Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina SU pré-escovação simulada.....	94

Figura 44 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina SU pós-escovação simulada.....	94
Figura 45 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z1 pré-escovação simulada.....	94
Figura 46 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z1 pós-escovação simulada.....	94
Figura 47 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z2 pré-escovação simulada.....	94
Figura 48 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z2 pós-escovação simulada.....	94
Figura 49 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina HE pré-escovação simulada.....	95
Figura 50 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina HE pós-escovação simulada.....	95
Figura 51 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina OP pré-escovação simulada.....	95
Figura 52 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina OP pós-escovação simulada.....	95
Figura 53 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TN pré-escovação simulada.....	95
Figura 54 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TN pós-escovação simulada.....	95
Figura 55 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TC pré-escovação simulada.....	96
Figura 56 – Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TC pós-escovação simulada.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Características das resinas compostas avaliadas.....	62
Quadro 2 –	Composições das resinas compostas avaliadas de acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Médias iniciais, finais, desvios-padrões de massa das resinas compostas avaliadas e valores de t e p obtidos na análise estatística.....	84
Tabela 2 –	Porcentagens das alterações na massa das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e resultados da análise estatística de ANOVA e do teste de Scheffé.....	86
Tabela 3 –	Médias iniciais, finais, desvios-padrões de rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas e valores de t e p obtidos na análise estatística.....	88
Tabela 4 –	Porcentagens das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e resultados da análise estatística de ANOVA e do teste de Scheffé.....	90
Tabela 5 –	Porcentagens das alterações na massa, na rugosidade superficial, desvios-padrões das resinas compostas avaliadas e resultados da correlação de Pearson.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Médias iniciais e finais de massa em gramas de cada resina composta avaliada.....	85
Gráfico 2 –	Porcentagens das alterações na massa de cada resina composta avaliada.....	87
Gráfico 3 –	Médias iniciais e finais de rugosidade superficial (μm) de cada resina composta avaliada.....	89
Gráfico 4 –	Porcentagens das alterações na rugosidade superficial de cada resina composta avaliada.....	91

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Charisma (CH).....	115
Apêndice B –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Esthet-X (EX).....	115
Apêndice C –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Fill Magic (FM).....	115
Apêndice D –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (SU).....	116
Apêndice E –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Z100 (Z1).....	116
Apêndice F –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Z250 (Z2).....	116
Apêndice G –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Herculite XRV (HE).....	117
Apêndice H –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Opallis (OP).....	117
Apêndice I –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Te-econom (TN).....	117
Apêndice J –	Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Tetric Ceram (TC).....	118

LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

%	percentagem
<	menor que
>	maior que
µm	micrometro
2D	2 dimensões
3D	3 dimensões
ANOVA	análise de variância
BisEMA	bisfenol A-etoxilatodimetacrilato
BisGMA	bisfenol A-glicidilmetacrilato
CIV	cimento de ionômero de vidro
dp	desvio padrão
g	grama
h	hora
LED	diodo emissor de luz
MEV	microscopia eletrônica de varredura
MFA	microscopia de força atômica
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro
mm/s	milímetro por segundo
mN	milinewton
mW/cm ²	miliwatt por centímetro quadrado
n	número de corpos-de-prova por grupo
N	newton
nm	nanômetro
°	grau
°C	grau Celsius
p	nível de significância
R _a	desvio aritmético médio (analisado em rugosímetro)
s	segundo
S _a	desvio aritmético médio (analisado em MFA)
TEGDMA	trietilenoglicoldimetacrilato
TMPT	trimetilopropanotrimetacrilato
UEDMA	uretanodimetacrilato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	26
3 PROPOSIÇÃO.....	58
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
4.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	61
4.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA INICIAL (MI) DOS CORPOS-DE-PROVA....	69
4.3 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL INICIAL (RI) DOS CORPOS-DE-PROVA.....	70
4.3.1 Características das medições.....	71
4.3.1.1 Escolha do tipo de filtro e seleção do <i>cut-off</i>	71
4.3.1.2 Seleção do parâmetro vertical de medição.....	72
4.3.2 Calibração da sonda.....	73
4.3.3 Análise e registro da rugosidade superficial.....	74
4.4 TESTE ABRASIVO POR ESCOVAÇÃO SIMULADA.....	76
4.5 LIMPEZA DOS CORPOS-DE-PROVA.....	79
4.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA FINAL (MF) E RUGOSIDADE SUPERFICIAL FINAL (RF) DOS CORPOS-DE-PROVA.....	80
4.7 ALTERAÇÃO NA MASSA DOS CORPOS-DE-PROVA.....	80
4.8 ALTERAÇÃO NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DOS CORPOS-DE- PROVA.....	81
4.9 OBSERVAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	81
4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	81
5 RESULTADOS.....	83
5.1 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE MASSA.....	84
5.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....	87
5.3 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA AO DESGASTE.....	91
5.4 ILUSTRAÇÃO QUALITATIVA COM FOTOMICROGRAFIAS DAS SUPERFÍCIES DAS RESINAS COMPOSTAS.....	92
6 DISCUSSÃO.....	97
7 CONCLUSÃO.....	105

REFERÊNCIAS.....	107
APÊNDICES A – J	114



Introdução

1 INTRODUÇÃO

O desgaste das restaurações de resinas compostas, há muitos anos, tem sido considerado um desafio na Odontologia. Esse mecanismo traz conseqüências graves às restaurações, que comprometem a longevidade clínica das mesmas.

Considerando os aspectos funcionais e fisiológicos, o desgaste resulta em perda da forma anatômica das restaurações, degradação e infiltração marginal, aumento da rugosidade superficial, acúmulo de placa bacteriana, inflamação gengival e aspereza superficial detectável pelo paciente. Com relação aos aspectos estéticos, as conseqüências do desgaste são a diminuição do brilho e o manchamento superficial das restaurações de resinas compostas (KANTER; KOSKI; MARTIN, 1982; BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997; FERRACANE et al., 1997; JONES; BILLINGTON; PEARSON, 2004; LU et al., 2005; LEE et al., 2005; TEUGHELIS et al., 2006).

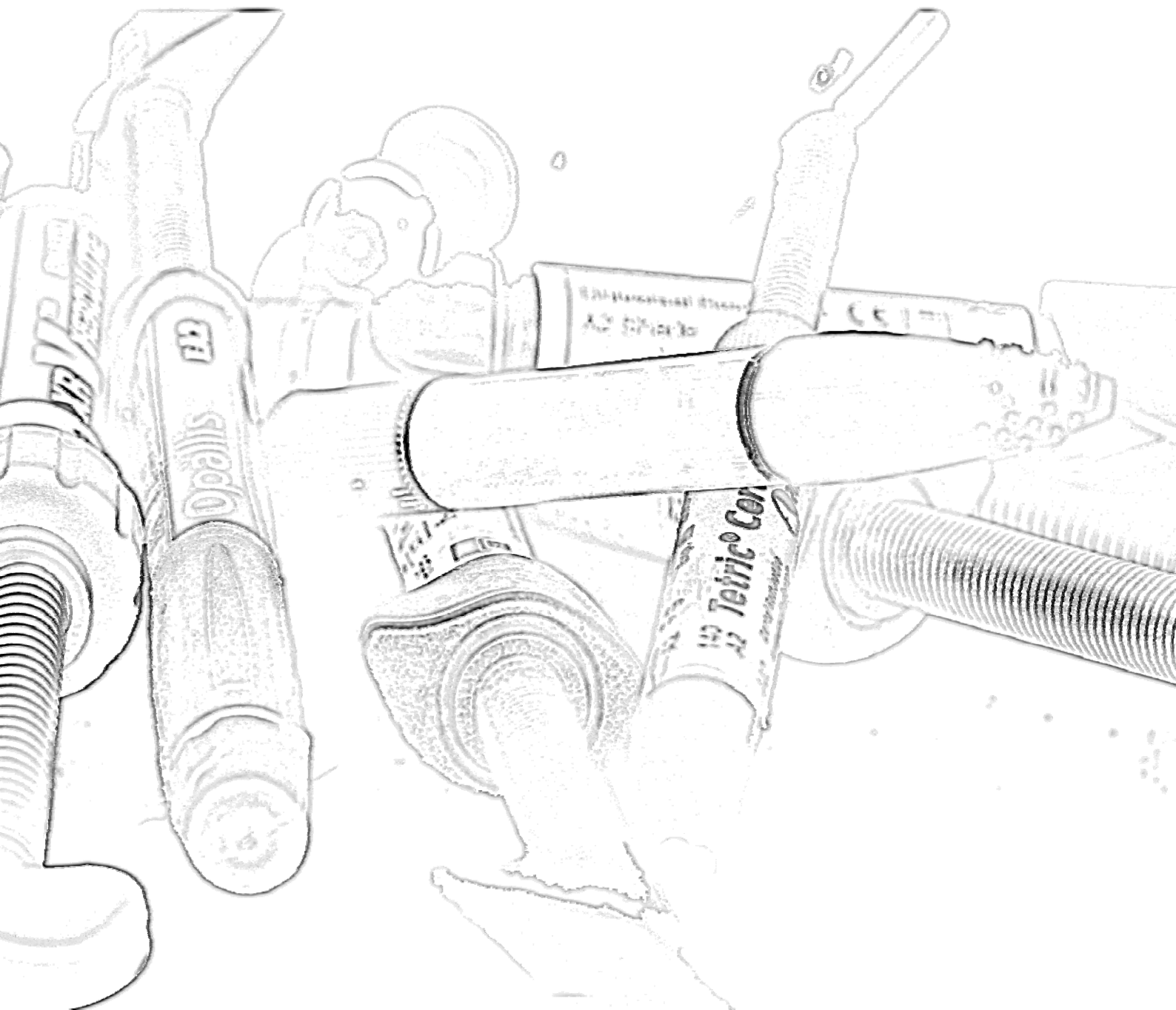
Existem diversas formas de desgaste às quais não somente as restaurações, mas também os órgãos dentais, estão expostos na cavidade oral, dentre elas, o desgaste por atrição, o desgaste químico e o desgaste abrasivo, no qual se encontra a abrasão por escovação (HEATH; WILSON, 1976; MAIR et al., 1996; GÖHRING; BESEK; SCHMIDLIN, 2002; LAMBRECHTS et al., 2006a).

A resistência ao desgaste abrasivo por escovação dos materiais restauradores é influenciada por fatores gerais como, por exemplo, a pressão exercida pelo paciente durante a escovação, a consistência das cerdas das escovas dentais, o momento da escovação e a abrasividade dos dentífrícios, e também por fatores específicos, relacionados às características individuais de cada material restaurador. Considerando as resinas compostas, a composição orgânica e inorgânica desses materiais, o conteúdo de carga, a força de adesão entre as partículas inorgânicas e a matriz orgânica, o grau de conversão e a qualidade do acabamento e polimento são alguns dos fatores que influenciam a resistência a abrasão desses materiais (JAARDA; WANG; LANG, 1997; KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; MANHART et al., 2000; SÖDERHOLM et al., 2001; LIM et al., 2002).

Nos últimos anos, as empresas de produtos odontológicos têm se dedicado ao desenvolvimento de resinas compostas que sejam resistentes e, ao mesmo tempo estéticas, e que possam ser utilizadas nas restaurações de dentes anteriores e posteriores. Sendo assim, essas últimas gerações de compósitos têm sido classificadas como resinas compostas universais.

Considerando a necessidade de desenvolvimento de pesquisas, *in vitro*, e *in vivo*, para as avaliações dessa nova categoria de resinas compostas, o presente trabalho se propôs a avaliar a resistência ao desgaste, *in vitro*, por abrasão decorrente de escovação simulada de 10 resinas compostas universais por análises das alterações de massa e de rugosidade superficial.

Revisão da Literatura



2 REVISÃO DA LITERATURA¹

Miller (1907) marcou o início das observações sobre os efeitos abrasivos por escovação nas superfícies dos elementos dentários. Em seu trabalho pioneiro de avaliação da resistência ao desgaste dos substratos dentais verificou que, quando submetidos à escovação simulada, a ocorrência de desgastes nos substratos foi menor em esmalte quando comparada à dentina.

De acordo com Heath e Wilson (1976), dentre os mecanismos de desgaste aos quais os órgãos dentais e materiais restauradores estão expostos na cavidade oral, como o desgaste por contato oclusal, a abrasão durante a trituração do bolo alimentar e o desgaste químico, se encontra a abrasão por escovação. Esses autores afirmaram que, embora os testes de resistência à abrasão por escovação simulada não englobem todas as situações de desgastes intrabucais, são de grande valia e permitem a obtenção de resultados comparáveis e fidedignos sobre a resistência à abrasão de materiais restauradores.

Harrison e Draughn (1976) avaliaram, *in vitro*, a resistência abrasiva, a resistência à tração e a dureza de 7 resinas compostas. Os resultados indicaram que os valores de resistência à tração e de dureza não foram correlacionados com os índices de resistência à abrasão. Os autores afirmaram que o desgaste abrasivo é um fenômeno complexo e que os materiais que possuem altos índices de dureza e resistência à tração não possuem, necessariamente, alta resistência à abrasão.

De acordo com Kanter; Koski; Martin (1982) os resultados dos efeitos abrasivos nas superfícies das restaurações adesivas diretas podem comprometer a longevidade das mesmas devido à perda de forma anatômica das restaurações decorrentes do desgaste, à diminuição do brilho superficial e ao acúmulo de placa bacteriana, pigmentos e detritos alimentares nas lacunas decorrentes do desgaste da matriz orgânica e do deslocamento das partículas de carga dos compósitos.

¹ Baseada na NBR 10520: 2002 da ABNT

O'Brein et al. (1984) avaliaram a relação entre o brilho e a rugosidade superficiais de 4 resinas compostas após o polimento e, de acordo com os resultados do teste estatístico de correlação, verificaram que existe uma relação inversa entre brilho e rugosidade superficiais.

De acordo com Lutz et al. (1984) dentre as causas mais comuns de falhas das restaurações com compósitos em dentes posteriores se encontram a inadequada resistência ao desgaste dos materiais restauradores e a infiltração marginal.

St. Germain et al. (1985) prepararam duas séries de resinas compostas variando conteúdo de carga e o tamanho das partículas de sílica silanizadas, sendo a primeira com conteúdo de carga variável entre 15,8% e 28,8% em volume de partículas de 20nm de diâmetro (partículas Tipo I) e a segunda, com conteúdo de carga variável entre 24% e 49,4% em volume de aglomerados de partículas de 40nm de diâmetro (Tipo II). Para o grupo controle, foram confeccionados espécimes desprovidos de partículas inorgânicas. Foram conduzidos os seguintes testes para determinar o efeito da porção inorgânica dos compósitos: dureza, estabilidade de cor em luz ultravioleta e água, absorção de água, resistência à compressão, resistência ao estresse sob compressão leve, resistência à abrasão por escovação e resistência ao desgaste por hidroxiapatita. Foram preparados 6 espécimes cilíndricos e armazenados em água a 37°C por 7 dias e, posteriormente, pesados. Os espécimes foram escovados por 2h em máquina de escovação mecânica com uma solução aquosa de carbonato de cálcio e água destilada na proporção 1:1. Os espécimes foram repesados e a perda de massa foi calculada. As análises dos dados obtidos para essas duas séries de resinas indicaram que o aumento do conteúdo de carga reduziu a resistência à abrasão por escovação e que estas tendências foram mais pronunciadas para as resinas com partículas Tipo II do que Tipo I. Diferença estatisticamente significativa na resistência à abrasão se deu somente entre o grupo controle e o grupo teste da resina com partículas Tipo II.

Li et al. (1985) investigaram os efeitos do conteúdo de carga e tamanho das partículas inorgânicas de resinas compostas sobre as propriedades de profundidade de polimerização (avaliada pelo teste de dureza), absorção de água, resistência à

compressão, resistência ao estresse sob compressão leve, resistência à abrasão por escovação e resistência ao desgaste por hidroxiapatita. Duas séries de compósitos foram preparadas através da incorporação de partículas de vidro de borosilicato e bário silanizados em uma matriz orgânica fotopolimerizável, a primeira com partículas de 2 μ m e conteúdo de carga de 20%, 40%, 45%, 50% e 53% em volume, e a segunda com partículas de 15 μ m e conteúdo de carga de 20%, 40%, 50%, 60% e 65% em volume. Também foi formulada uma resina sem carga para a confecção dos corpos-de-prova do grupo controle. Para o teste de resistência à abrasão por escovação foram preparados 5 espécimes cilíndricos para cada grupo, armazenados em água a 37°C por 1 semana e, posteriormente, pesados em balança analítica digital. Os cilindros foram escovados por 2h em máquina de escovação mecânica com pasta aquosa de carbonato de cálcio e água destilada na proporção 1:1. As amostras foram novamente submetidas à pesagem e a perda de massa foi calculada. A análise estatística dos resultados indicou que o tamanho das partículas e o conteúdo de carga têm significativo efeito na resistência à abrasão por escovação. Com relação ao tamanho das partículas, a comparação de resinas compostas preparadas com partículas menores com aquelas preparadas com partículas maiores, ambas com o mesmo conteúdo de carga, revelou que as formulações com partículas menores apresentam mais baixa resistência à abrasão por escovação. Considerando o conteúdo de carga, quanto mais partículas inorgânicas pequenas foram incorporadas na matriz resinosa menor foi a resistência à abrasão, enquanto a adição de partículas maiores, aumentou a resistência à abrasão dessas formulações comparadas às resinas desprovidas de carga.

Lindquist e Emilson (1990) relataram que as superfícies restauradas tendem a ser mais colonizadas por *Streptococcus mutans* do que as superfícies saudáveis e que, dentre os diferentes materiais restauradores, os *S. mutans* colonizam mais facilmente as superfícies de restaurações de resinas compostas, comparadas às restaurações de amálgama e ouro. Os autores relacionaram essa diferença entre as superfícies dos materiais restauradores com a alta rugosidade superficial das resinas compostas em comparação aos outros materiais.

Suzuki et al. (1995) avaliaram a relação existente entre o tamanho e a forma de partículas, propriedades mecânicas e resistência ao desgaste de resinas

compostas. Foram investigadas 6 resinas compostas experimentais consistindo em diferentes tipos de partículas: 4 tamanhos de partículas esféricas (9,88 μ m; 2,01 μ m; 0,62 μ m; 0,20 μ m) e 2 tamanhos de partículas irregulares (9,46 μ m; 1,97 μ m). As avaliações realizadas foram: resistência ao desgaste, resistência à compressão e dureza. Os resultados demonstraram que os compósitos contendo partículas esféricas menores exibiram as maiores taxas de resistência ao desgaste, à compressão e dureza, ao passo que, os menores valores das avaliações foram atribuídos aos compósitos com partículas esféricas maiores. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os compósitos que continham partículas de tamanhos similares, independentemente da forma das mesmas. Entretanto, houve diferença estatisticamente significativa entre a formulação com partículas esféricas de 0,20 μ m e as outras formulações de compósitos. A análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV) demonstrou que somente as partículas de tamanhos maiores sofreram esfoliação após o teste de resistência ao desgaste.

Mair et al. (1996) discutiram os mecanismos fundamentais do desgaste de resinas compostas e suas implicações clínicas. Segundo os autores, o desgaste é resultante dos processos de efeitos abrasivos, corrosivos e de fadiga que agem simultaneamente nas restaurações dentárias. Abrasão e degradação química parecem ser os mecanismos dominantes nas áreas livres de contato, enquanto a fadiga é geralmente associada com as áreas de contato oclusal. Os autores ainda afirmaram que a distribuição das partículas inorgânicas é a variável mais influente nas diferentes intensidades de desgaste dos compósitos.

De acordo com Jaarda; Wang; Lang (1997) a maioria dos estudos relaciona a resistência ao desgaste das resinas compostas com o seu conteúdo de carga inorgânica, entretanto, pouquíssimas pesquisas concretizam essa teoria. Dessa maneira, os autores avaliaram a resistência ao desgaste de 12 compósitos e sua relação com o conteúdo inorgânico dos materiais. Foram analisadas restaurações, *in vivo*, para a avaliação da resistência ao desgaste e, para a verificação do conteúdo de carga, foram confeccionadas amostras dos materiais e avaliadas em MEV através do método de detecção de elétrons retroespalhados. As análises de regressão confirmaram a existência de relação direta entre o desgaste das resinas compostas e os seus conteúdos de carga inorgânica. Os autores advertiram que 10,

dos 12 materiais avaliados, possuíam partículas significativamente maiores do que as citadas na literatura em estudos que descreveram os dados fornecidos pelos fabricantes e, sendo assim, esses dados devem ser considerados com cautela.

Segundo Bollen; Lambrechts; Quirynen (1997) a rugosidade superficial dos materiais restauradores pode influenciar na retenção de placa bacteriana. Baseados nessa afirmação, os autores realizaram uma revisão sistemática da literatura, onde observaram que a maioria dos estudos, *in vivo*, indica 0,20 μ m como o limiar de rugosidade superficial dos materiais restauradores para a retenção de placa bacteriana. De acordo com os autores, um aumento na rugosidade superficial acima desse limiar resulta em aumento simultâneo do acúmulo de placa, elevando, conseqüentemente o risco de ocorrência de cárie e inflamação periodontal. Com base nessa revisão, os autores recomendaram o esmero do profissional para obter e manter a superfície das restaurações o mais lisa possível, visto que as superfícies rugosas comprometem o tratamento restaurador.

De acordo com Ferracane et al. (1997) a perda de forma anatômica devido ao desgaste é um fator limitante para a utilização clínica de resinas compostas em dentes posteriores. Baseados nessa afirmação, os autores realizaram uma pesquisa variando o grau de conversão durante a polimerização de compósitos para testar a hipótese de que a resistência ao desgaste poderia ser melhorada pela intensificação da cura. Para o desenvolvimento desse estudo, foi formulada uma resina híbrida fotopolimerizável contendo 62% em volume de partículas de vidro estrôncio e sílica na porção inorgânica em sua matriz orgânica. Foram confeccionadas 2 cavidades cilíndricas com 2,5mm de diâmetro em dentes de cromo-cobalto que substituíam o primeiro e segundo molares em próteses totais de 50 pacientes edêntulos. O compósito teste foi introduzido em uma dessas cavidades e polimerizado por diferentes períodos de tempo (9s, 12s, 25s, 40s e 40s + 10min a 120°C). Na outra cavidade foi inserida uma resina de micropartículas (Heliomolar/Ivoclar Vivadent) e fotopolimerizada por 40s para servir como controle para os 4 primeiros grupos. Para o quinto grupo, em que foi utilizado calor na polimerização da resina teste, a resina de micropartículas também foi fotopolimerizada por 40s e mantida por 10min a 120°C. O grau de conversão da resina híbrida foi mensurado e variou de 55% para 9s de fotopolimerização e 67% para 40s de fotopolimerização seguida da aplicação

de calor. Foram obtidas moldagens e confeccionadas réplicas de resina epóxi no período inicial e após 6 meses, 1 ano e 2 anos. A mensuração do desgaste das réplicas das restaurações foi realizada através de um rugosímetro. Os resultados demonstraram que o desgaste da resina híbrida após 2 anos variou de 144µm para 9s de fotopolimerização até 36µm com 40s de fotopolimerização e posterior aplicação de calor, enquanto a resina de micropartículas exibiu de 11 a 16µm de desgaste. A análise estatística demonstrou que houve forte correlação negativa entre o grau de conversão e o desgaste do compósito híbrido. Os autores concluíram que a resistência ao desgaste das resinas compostas pode ser melhorada pela intensificação da polimerização e sugeriram que a elevação do grau de conversão resulta em cadeias poliméricas altamente cruzadas e, conseqüentemente, maior resistência às forças de abrasão para os compósitos.

Asmussen e Peutzfeldt (1998) analisaram o efeito dos monômeros bisfenol A-glicidilmetacrilato (BisGMA), uretanodimetacrilato (UEDMA) e trietilenoglicoldimetacrilato (TEGDMA) em algumas propriedades mecânicas de resinas experimentais. Foram preparadas 30 diferentes misturas monoméricas com essas substâncias e uma quantidade padrão de partículas inorgânicas foram incorporadas às mesmas. Após 1 semana da confecção dos corpos-de-prova, os testes mecânicos de resistência à tração diametral, resistência flexão e módulo de elasticidade foram desenvolvidos. A análise estatística dos dados foi realizada através do teste de análise de variância (ANOVA) e demonstrou que as variações nas quantidades de BisGMA, TEGDMA e UEDMA na matriz orgânica das resinas compostas teve efeito significativo nas propriedades mecânicas desses materiais.

Kawai; Iwami; Ebisu (1998) compararam a resistência à abrasão por escovação simulada de 7 resinas compostas experimentais que diferiram nas composições das suas matrizes orgânicas. Na preparação dos materiais foram utilizados os monômeros BisGMA, TEGDMA, UEDMA e trimetilopropanotrimetacrilato (TMPT). Posteriormente, foram confeccionados os corpos-de-prova que, após 2 semanas de armazenamento, foram pesados em balança de precisão para a obtenção dos valores de massa inicial. As amostras foram submetidas ao teste de abrasão por escovação simulada, com escovas macias, sob 400g de carga, por 100.000 ciclos. Ao final, os corpos-de-prova foram

pesados para a obtenção dos valores de massa final. A perda de massa foi determinada pela diferença entre os valores de massa inicial e final para cada corpo-de-prova. A microdureza Knoop também foi avaliada nos momentos pré e pós-escovação simulada. A análise estatística dos dados foi realizada através dos testes ANOVA, Scheffé e análise de regressão linear, todos com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que os compósitos preparados com os monômeros TEGDMA/TMPT demonstraram os mais altos índices de resistência ao desgaste e que aqueles baseados em BisGMA e UEDMA aumentaram a resistência ao desgaste de acordo com o aumento do monômero TEGDMA em suas composições. A análise de regressão linear apontou relação inversa entre a dureza e a quantidade de desgaste das resinas compostas.

Manhart et al. (2000) relataram que o conteúdo de carga inorgânica na composição de resinas compostas, bem como as interações existentes entre as partículas e a matriz orgânica podem influenciar na resistência ao desgaste desses materiais. De acordo com os autores, um alto conteúdo de carga inorgânica e uma forte adesão das partículas com a matriz orgânica resultam em materiais com alta resistência ao desgaste.

Tanoue; Matsumura; Atsuta (2000) compararam o desgaste e a rugosidade superficial da cerâmica Cerec 2 Vitablocs Mark II (Vita) com as resinas compostas indiretas Artglass (Heraeus Kulzer), Axis (GC), Cesead II (Kuraray), Conquest Sculpture (Jeneric Pentron), Estenia (Kuraray), Infis (Sun Medical) e Targis (Ivoclar Vivadent) após o teste abrasivo por escovação simulada. Os resultados demonstraram que a resistência à abrasão e a rugosidade superficial variou entre todos os materiais estudados, sendo que entre o material cerâmico e as resinas houve diferença estatisticamente significativa destacando-se, o primeiro, com maior resistência ao desgaste e maior lisura. Os autores concluíram que as resinas indiretas não alcançaram o nível de lisura superficial e resistência ao desgaste do material cerâmico e que as condições superficiais dos compósitos após a escovação variaram de acordo com o material.

Söderholm et al. (2001) traçaram o desgaste clínico de 8 compósitos experimentais durante 3 anos por 2 métodos de mensurações 3D: microscópicas e

rastreamento a laser. Os materiais restauradores diferiram quanto à matriz orgânica (BisGMA/TEGDMA ou UEDMA/TEGDMA), à carga inorgânica (partículas de quartzo ou partículas de vidro de bário) e ao método de silanização (com aquecimento entre 60°C e 100°C). Dois cirurgiões dentistas confeccionaram 32 restaurações cada, sendo 4 de cada material experimental. As consultas de avaliações foram realizadas em 1, 6, 24 e 36 meses. Em cada consulta foram feitas impressões das restaurações com silicona de adição e, posteriormente, foram obtidas réplicas das restaurações em resina epóxica. O desgaste médio das superfícies livres de contato avaliadas em microscópio foi de 9,20µm/mês, enquanto as avaliações por rastreamento a laser resultaram em desgaste médio de 8,50µm/mês, durante o período de 36 meses. A análise estatística demonstrou que entre os métodos de avaliação não houve diferença estatisticamente significativa; os compósitos com matriz orgânica baseada em UEDMA apresentaram maior resistência ao desgaste do que aqueles baseados em BisGMA; as variáveis de carga inorgânica e método de silanização não influenciaram significativamente no desgaste e, entre o período inicial até os 6 meses de avaliação, os índices de desgaste das restaurações foram mais evidentes do que no período de 6 a 36 meses, onde foram constantes. Os autores relacionaram a maior resistência ao desgaste dos compósitos com matriz orgânica baseada em UEDMA ao seu alto grau de conversão de 70%, aproximadamente, enquanto o grau de conversão de compósitos baseados em BisGMA é de 55%.

Antoniuzzi (2001) verificou a resistência ao desgaste de 3 resinas compostas submetidas a diferentes modos de fotopolimerização e à escovação simulada. Foram utilizados os compósitos Definite (Degussa), Suprafill (SS White) e SureFil (Dentsply Caulk) para a confecção de 16 corpos-de-prova por material, divididos aleatoriamente em 2 grupos e fotopolimerizados das seguintes maneiras: 1) integral com 40s e com a ponta do fotopolimerizador encostada na amostra; 2) gradual, sendo 10s com a ponta do fotopolimerizador encostada na amostra, seguida de 30s a 2mm de distância. Os corpos-de-prova foram pesados em balança analítica digital com precisão de 0,001g e os valores foram registrados como iniciais. As amostras foram submetidas a 100.000 ciclos de escovação, com escovas macias, sobre as quais foi aplicado um cilindro de ferro com 200g. O creme dental utilizado na escovação foi diluído em água destilada, na proporção de 1:2. A pesagem final das

amostras foi registrada e a diferença entre os valores iniciais e finais em relação à massa inicial, multiplicada por 100, representou a porcentagem de desgaste. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA a um critério e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Não foi identificada diferença estatisticamente significativa no desgaste de nenhum dos compósitos considerando os dois modos de polimerização. Considerando os materiais, nos dois modos de polimerização as resinas compostas Suprafill e SureFil não demonstraram diferenças estatisticamente significante entre elas. Entretanto, o compósito Definite diferiu estatisticamente de SureFil no modo gradual e das duas resinas no modo integral, demonstrando menor resistência ao desgaste. Os autores concluíram que a escovação simulada resultou em desgaste dos 3 materiais; que os modos de fotopolimerização não interferiram na propriedade de resistência ao desgaste dos materiais e que o desgaste das resinas compostas foi relacionado com a composição do material restaurador.

Turssi et al. (2001) investigaram o padrão da rugosidade superficial de materiais restauradores submetidos à escovação simulada precedida por ciclagem de pH. Nesse estudo, foram pesquisados uma resina composta de micropartículas Renamel (Cosmedent), uma híbrida Charisma (Heraeus Kulzer), dois compósitos modificados por poliácidos Compoglass-F (Ivoclar Vivadent) e Dyract AP (Dentsply Caulk) e um cimento de ionômero de vidro (CIV) modificado por resina Fuji II LC (GC). Foram confeccionados 20 espécimes cilíndricos de cada material e, após o acabamento e polimento, a rugosidade superficial (μm) foi aferida com uma ponta de $2\mu\text{m}$ de raio do rugosímetro Surfcoorder SE1700 (Kosaka) e com *cut-off* de 0,08mm. Os parâmetros de medição utilizados foram R_a e LR (razão perfil/extensão). As amostras foram submetidas, inicialmente, a ciclagem de pH e, posteriormente, a 10.000 ciclos de escovação, em uma máquina de abrasão por escovação automática, com movimentos paralelos à superfície, escovas de cerdas macias e solução de dentífrico e água destilada e deionizada, na proporção de 1:3. Novas leituras da rugosidade superficial de ambos os parâmetros (R_a e LR) foram realizadas. Os mesmos protocolos de ciclagem de pH, escovação simulada e medições da rugosidade foram repetidos 10 vezes. Os dados foram analisados usando os testes estatísticos de ANOVA e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Os resultados demonstraram que a ciclagem de pH seguida por 10.000

ciclos de escovação promoveu um aumento acentuado da rugosidade superficial dos materiais restauradores, com exceção do compósito Renamel. Durante todos os períodos subseqüentes de escovação simulada, Renamel, Charisma, Compoglass-F e Dyract AP demonstraram textura constante, enquanto Fuji II LC exibiu um progressivo aumento na rugosidade superficial. Os autores concluíram que a ciclagem de pH e a escovação simulada promoveram, inicialmente, um aumento acentuado na rugosidade superficial dos materiais, com exceção da resina de micropartículas, entretanto, a estabilização ou o aumento progressivo da rugosidade superficial dependeu do material restaurador.

Lim et al. (2002) determinaram o efeito do conteúdo de carga e do tratamento superficial das partículas inorgânicas na resistência ao desgaste de resinas compostas. Os resultados demonstraram que os compósitos com maior conteúdo de carga apresentaram aumento significativo da resistência ao desgaste quando comparados a compósitos com menor conteúdo de carga. Os autores ainda descreveram que agentes de união silanos melhoram a adesão entre a porção inorgânica e orgânica dos compósitos, permitindo melhor transferência de cargas e aumento da resistência ao desgaste.

Neme et al. (2002) sugeriram um novo polimento como alternativa para a recuperação e manutenção da lisura superficial de restaurações desgastadas por escovação simulada. Estes autores realizaram um estudo, *in vitro*, com o propósito de avaliar o efeito de 5 protocolos de polimento que podem ser incorporados às consultas de retorno de pacientes com restaurações estéticas que apresentem rugosidade superficial acentuada. Foram utilizados os compósitos TPH Spectrum (Dentsply Caulk), Heliomolar (Ivoclar Vivadent), SureFil (Dentsply Caulk), F2000 (3M ESPE) e Fuji II LC (GC) para a confecção de 25 corpos-de-prova por material. Após a fotopolimerização, todos os espécimes foram polidos com discos Sof-Lex para promover um acabamento superficial inicial e, posteriormente, submetidos ao polimento com um dos seguintes protocolos: pasta de granulação grossa Prophy (Butler), pasta de granulação média Prophy (Butler), discos OneGloss (Shofu), discos SuperBuff (Shofu) ou discos OneGloss (Shofu) e SuperBuff (Shofu). As medidas iniciais de rugosidade superficial (μm) das amostras foram obtidas com o rugosímetro Talysurf 10 (Taylor & Robson), com o parâmetro de medição R_a , *cut-off*

de 0,25mm e comprimento de avaliação de 2mm. Posteriormente, todos os espécimes sofreram 60.000 ciclos de escovação simulada com escovas de cerdas macias e solução de pasta dental e água, na proporção 1:2. As medidas intermediárias de rugosidade superficial foram obtidas com os mesmos padrões de leitura anterior. Os espécimes foram submetidos a um novo polimento superficial seguindo o protocolo inicial e os valores finais da rugosidade superficial foram apurados. Os dados foram encaminhados para a análise estatística com os testes ANOVA e Tukey-Kramer, ambos com níveis de significância de 5%. Os autores concluíram que os protocolos de polimento podem ser usados para restabelecer a lisura superficial de restaurações diretas comprometidas por abrasão.

Göhring; Besek; Schmidlin (2002) desenvolveram um estudo, *in vitro*, com intuito de comparar a resistência ao desgaste de alguns materiais odontológicos com o esmalte humano a partir de testes de atrição e abrasão. Os corpos-de-prova de resina composta foram confeccionados com os compósitos para restaurações diretas, Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) e FHC Merz light (Merz), e para restaurações indiretas, Belleglass esmalte (Kerr); Belleglass dentina (Kerr); Concept Inlay/Onlay (Ivoclar Vivadent); Targis esmalte (Ivoclar Vivadent); Targis dentina (Ivoclar Vivadent) e Targis Upgrade 99 (Ivoclar Vivadent). Também foram confeccionadas amostras com cerâmica Vita-Celay (Microna) e ouro Degulor M (Degussa). Espécimes de esmalte humano serviram como controle. Todos os corpos-de-prova foram submetidos a 4 fases de aplicação de cargas mecânicas em um mastigador informatizado. Após o término de cada fase, as amostras foram, inicialmente, submetidas à degradação química, sendo armazenadas em álcool 75% e, posteriormente, à abrasão por escovação. Antes dos testes e após a última fase de aplicação de carga, foram obtidas réplicas dos espécimes, as quais foram analisadas, qualitativamente, através de fotografias digitais e MEV e, quantitativamente, com um rugosímetro, expressas em μm . A perda de substância foi calculada através da sobreposição das imagens fotografadas dos espécimes e subsequente subtração das medidas iniciais e finais. Os dados foram encaminhados para os testes estatísticos ANOVA e *t* não-pareado, ambos com níveis de significância de 5%. Com relação ao teste abrasivo por escovação, Targis esmalte e Concept Inlay/Onlay apresentaram a menor e a maior resistência ao desgaste, respectivamente, e diferiram estatisticamente dos outros materiais restauradores

($p < 0,05$). As resinas compostas indicadas para restaurações diretas, Tetric Ceram e FHC Merz light, apresentaram valores intermediários de resistência ao desgaste e foram estatisticamente semelhantes ao esmalte humano. Curiosamente, todos os materiais testados apresentaram valores de desgaste negativos. Os autores explicaram este episódio devido à expansão higroscópica dos materiais causada pela sorção de água durante o período de armazenamento das amostras.

Baseados em evidências clínicas de que materiais restauradores deterioram ao longo do tempo, Yap e Mok (2002) realizaram uma pesquisa com o intuito de verificar a estabilidade da textura superficial de diferentes materiais restauradores após longo tempo de armazenamento em água. Foram utilizados o compósito TPH Spectrum (Dentsply Caulk), o compômero Dyract AP (Dentsply Caulk), o CIV Fuji II (GC), o CIV modificado por resina Fuji II LC (GC) e o giomer Reactmer (Shofu) para a confecção de 6 corpos-de-prova por material que foram armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. Posteriormente, as amostras foram acabadas e polidas com discos abrasivos Sof-Lex e novamente armazenadas. A avaliação da rugosidade superficial foi realizada em dois momentos: após 3 dias e após 3 meses de armazenamento. As leituras foram feitas em um rugosímetro SurfTest SV400 (Mitutoyo), com precisão de 0,01µm, utilizando o parâmetro de medição R_a , com *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 1,0mm. As análises estatísticas dos dados foram feitas com níveis de significância de 5%, através dos testes de ANOVA a um critério e Scheffé para comparar a textura superficial dos materiais e teste *t* independente para avaliar os efeitos do tempo de armazenamento na rugosidade superficial. Em ambos os períodos, Fuji II e Fuji II LC foram significativamente mais rugosos do que TPH Spectrum, Dyract AP e Reactmer. Para todos os materiais, a rugosidade superficial após os períodos de armazenamento de 3 dias e 3 meses não diferiu estatisticamente. Os autores concluíram que a qualidade superficial dos materiais não foi afetada pelo longo período de armazenamento.

Kim; Ong; Okuno (2002) averiguaram a influência da morfologia das partículas e conteúdo de carga inorgânico em algumas propriedades mecânicas de resinas compostas. Os resultados demonstraram que o conteúdo de carga influenciou no desempenho dos compósitos nos testes mecânicos, sendo que,

compósitos com maior volume de carga exibiram maior resistência flexural e à fratura, dureza e módulo de elasticidade.

Luiz (2002) realizou uma investigação da influência do grau de conversão de resinas compostas nas propriedades micro e macroscópicas desses materiais. O autor relatou que um inadequado grau de conversão resulta em baixos valores de microdureza e causa redução da resistência mecânica dos compósitos, acentuando o desgaste desses materiais restauradores.

De acordo com Wakamatsu; Kakuta; Ogura (2003) tanto os testes que simulam desgastes de compósitos por escovação simulada quanto àqueles por esforços oclusais são válidos para avaliar a resistência ao desgaste de materiais restauradores.

Cunha et al. (2003) avaliaram a rugosidade superficial antes e após ensaio de escovação de dois compósitos a base de ormocer, Admira (Voco) e Definite (Degussa), e compararam com dois compósitos a base de sistemas monoméricos tradicionais, Z250 (3M ESPE) e A110 (3M ESPE). Foram confeccionados 8 corpos-de-prova com cada material e, após 24h, as amostras foram submetidas ao polimento. A análise da rugosidade superficial inicial (μm) foi realizada com um rugosímetro (Surfcorder SE 1700/KosakaLab) antes do ensaio de escovação. Foram feitas 3 leituras em cada superfície com uma sonda mecânica do tipo estilete (com $2\mu\text{m}$ de diâmetro), parâmetro de medição R_a , *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 2,85mm. Posteriormente, a escovação mecânica foi realizada com escovas de cerdas de nylon macias, sendo utilizada uma para cada corpo-de-prova, sob carga de 200g, com pasta aquosa de dentífrico e água destilada, na proporção 1:1 e movimentos lineares de escovação, a uma velocidade de 250ciclos/min, resultando em um total de 30.000 ciclos por espécime. Após o teste de escovação simulada, as amostras foram submetidas à leitura de rugosidade final seguindo os mesmos padrões de medição da leitura inicial. Algumas amostras, selecionadas aleatoriamente foram observadas em MEV. Os dados das análises iniciais e finais de rugosidade superficial foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Os resultados demonstraram que, antes do ensaio de escovação, o compósito Admira apresentou a maior rugosidade

superficial ($0,132\mu\text{m}$) e diferiu estatisticamente do compósito A110 ($0,082\mu\text{m}$) e que os compósitos Definite ($0,110\mu\text{m}$) e Z250 ($0,105\mu\text{m}$) não apresentaram diferenças estatísticas entre eles e nem aos demais compósitos. Após a escovação, não foram observadas diferenças estatísticas entre os compósitos, entretanto, com exceção do Admira ($0,181\mu\text{m}$), eles apresentaram aumento estatisticamente significativo da rugosidade superficial, demonstrando os seguintes valores médios de rugosidade: Definite ($0,178\mu\text{m}$), Z250 ($0,187\mu\text{m}$) e A110 ($0,193\mu\text{m}$). A análise das amostras em MEV identificou porosidades nos espécimes do compósito A110 após a escovação mecânica.

Santos (2003) averiguou a influência de selantes de superfície e adesivos dentinários com e sem carga na rugosidade superficial e na microinfiltração marginal de restaurações de resina composta. Cavidades classe V foram confeccionadas nas faces vestibulares de 100 terceiros molares humanos hígidos e restauradas com o compósito Z250 (3M ESPE). Após 24h, foi realizado o acabamento e polimento das restaurações e, posteriormente, os espécimes foram separados em 5 grupos ($n=20$) de acordo com o agente selador de superfície utilizado: G1 – adesivo dentinário sem carga (Single Bond/3M ESPE); G2 – adesivo dentinário com carga (OptiBond Solo Plus/Kerr); G3 – selante de superfície sem carga (Fortify/Bisco); G4 – selante de superfície com carga (Fortify Plus/Bisco) e G5 – controle (sem material de selamento). Dez corpos-de-prova de cada grupo foram levados individualmente ao rugosímetro (Surfcorder SE 1700/KosakaLab) para a verificação da rugosidade inicial (μm) das superfícies. Foram feitas as leituras da rugosidade superficial (μm) com o parâmetro de medição (R_a), *cut-off* de $0,25\text{mm}$ e comprimento de avaliação de $1,5\text{mm}$. A seguir, foram realizados 30.000 ciclos de escovação mecânica, sob carga de 300g , utilizando escovas dentais de cerdas macias e dentífrício diluído em água destilada, na proporção 1:3. Após a escovação, foi realizada a leitura da rugosidade média final das restaurações no rugosímetro. Os espécimes restantes foram preparados e submetidos ao teste de microinfiltração. Os dados obtidos foram encaminhados para análise estatística que foi realizada através dos testes ANOVA e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. A topografia superficial dos 5 grupos foi analisada em microscopia de força atômica (MFA). Os grupos G1, G3 e G5 que demonstraram os menores valores iniciais de rugosidade de superfície, indicaram valores aumentados após a escovação simulada em comparação com

outros grupos. Por outro lado, os agentes seladores com carga do grupo G2 e G4 indicaram, respectivamente, diminuição dos valores de rugosidade após a escovação e manutenção dos valores iniciais. Em relação à microinfiltração marginal, todos os grupos testados apresentaram menores índices comparados às restaurações sem selamento, entretanto o G3 foi o grupo que apresentou menor microinfiltração marginal.

Mondelli et al. (2003) analisaram o comportamento dos cerômeros Ariston (Ivoclar Vivadent) e Definite (Degussa), da resina composta Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) e da liga de amálgama Velvalloy (SS White) frente ao desgaste após escovação simulada. Para a avaliação, *in vitro*, foram confeccionados 10 corpos-de-prova de cada material, os quais foram submetidos ao acabamento e polimento após 48h. As medidas iniciais de massa (g) foram obtidas em balança analítica digital e de rugosidade superficial (μm) no rugosímetro Surtonic 3+ (Taylor & Robson), ajustado para leituras com o parâmetro de medição (R_a), *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 2,5mm da rugosidade. O teste de abrasão foi realizado em máquina de escovação mecânica, com peso de 250g e velocidade de 374 ciclos/min, totalizando 100.000 ciclos. Foram utilizadas escovas de cerdas macias e solução de creme dental e água deionizada na proporção 1:2. Durante o ensaio, a solução foi constantemente repostada e na metade dos ciclos, as escovas foram renovadas. Posteriormente, foram realizadas as medidas finais de massa e rugosidade superficial. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA a um critério e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Com relação à alteração de massa o amálgama mostrou menores valores e diferiu estatisticamente dos compósitos, entre os quais não foram observadas diferenças significantes. Os resultados da análise estatística para a rugosidade superficial demonstraram diferenças significantes entre todos os materiais, que se apresentaram da seguinte maneira em ordem crescente de rugosidade: Ariston > Definite > Tetric Ceram > Velvalloy. Os autores concluíram que o comportamento do amálgama frente ao teste de abrasão por escovação foi superior aos materiais estéticos avaliados.

Martínez (2004) avaliou, *in vitro*, o desgaste e a rugosidade superficial após escovação simulada da resina composta Filtek Z250 (3M ESPE), submetida a diferentes intensidades de energia e fontes de luz usadas no processo de

fotopolimerização. Foram confeccionados 40 corpos-de-prova fotopolimerizados através de luz halógena (VIP/Bisco) ou diodo emissor de luz - LED (Ultrablue IS/DMC) com intensidade de energia entre 300 e 600 mW/cm², divididos da seguinte maneira (n=10): G1 – VIP 300mW/cm² X 20s; G2 – VIP 600mW/cm² X 20s; G3 – LED 300mW/cm² X 20s e G4 – LED 600mW/cm² X 20s. A metade de cada corpo-de-prova foi protegida com fita isolante e a outra metade submetida a 200.000 ciclos de escovação, com escova dental macia e pasta aquosa de dentifrício e água destilada na proporção de 1:2. A rugosidade superficial (μm) foi verificada com rugosímetro (Hommel Tester T1000 basic/Hommelwerke) antes e após a escovação simulada. As leituras de rugosidade foram realizadas com parâmetro de medição R_a , *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 5mm. A alteração da rugosidade superficial foi determinada pela diferença entre as médias de rugosidades finais (após a escovação) e iniciais (antes da escovação). Para as leituras de desgaste dos corpos-de-prova foi utilizado o mesmo rugosímetro usado na determinação da rugosidade superficial, porém com outros padrões de medição (*cut-off* de 0,00mm e comprimento de avaliação de 10mm). Os resultados foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA, Tukey e correlação de Pearson, todos com níveis de significância de 5%. As diferenças da rugosidade superficial foram: G1 – 0,923±0,031 μm (b); G2 – 0,891±0,036 μm (a); G3 – 1,031±0,019 μm (c) e G4 – 0,918±0,032 μm (b). O desgaste apresentado foi: G1 – 13,96±0,756 μm (b); G2 – 10,90±0,507 μm (a); G3 – 34,63±1,931 μm (c) e G4 – 12,95±0,510 μm (b). Não foi verificada a existência de correlação entre desgaste e rugosidade superficial. Quando o LED foi usado com densidade de potência de 600mW/cm², os espécimes apresentaram comportamento semelhante àqueles fotopolimerizados com luz halógena a 300mW/cm². Entretanto, com as mesmas energias de ativação, a fonte de luz halógena, em comparação com o LED, proporcionou melhor comportamento físico-mecânico da resina composta avaliada.

Jones; Billington; Pearson (2004) tiveram o propósito de determinar um valor de limiar da rugosidade superficial de restaurações em que os pacientes fossem capazes de detectá-las. Para a realização do experimento, inicialmente, anéis fendidos de 10mm de diâmetro foram preenchidos com resina composta híbrida Z100 (3M ESPE) e fotopolimerizados por 40s através de uma lâmina de vidro. Os corpos-de-prova foram removidos dos anéis e divididos em 5 grupos (n=25), sendo

que um grupo foi imediatamente isolado e serviu como controle e os grupos restantes foram submetidos a tratamentos superficiais com pontas abrasivas nas seguintes granulações: 80, 320, 800 e 1000 e, em seguida, polidos com discos Shofu (Shofu). A rugosidade superficial (μm) de todos os espécimes foi mensurada através de um rugosímetro bidimensional (Mitutoya SurfTest), com parâmetro de medição R_a , *cut-off* de 0,8mm e comprimento de avaliação de 4,8mm. Para os corpos-de-prova do grupo controle, do grupo de granulação 80, 320, 800 e 1000, foram obtidos os seguintes valores médios de rugosidade: 0,06 μm , 3,43 μm , 1,29 μm , 0,62 μm e 0,28 μm , respectivamente. De acordo com autores, os pacientes detectam rugosidades superficiais nas restaurações com a ponta de suas línguas. Dessa maneira, nessa pesquisa, 25 voluntários investigaram a superfície das amostras desse estudo com as pontas de suas línguas e escalaram as 5 rugosidades de acordo com suas sensibilidades. O resultado do ranking demonstrou que 15 (60%) dos 25 voluntários escalaram as amostras de acordo com a ordem de rugosidade superficial. A precisão dos pacientes em distinguir diferentes valores de rugosidade entre 0,25 e 0,50 μm levou os autores a estipular que 0,50 μm é o limiar máximo de valor de rugosidade superficial das restaurações para que não sejam detectadas pelos pacientes.

Wang et al. (2004) compararam a resistência ao desgaste, *in vitro*, por escovação simulada das resinas compostas condensáveis SureFil (Dentsply Caulk), Alert (Jeneric Pentron), Filtek P60 (3M ESPE), Prodigy Condensable (Kerr) e Solitaire (Heraeus Kulzer) com o compósito de micropartículas Z100 (3M ESPE) e o híbrido Silux Plus (3M ESPE). Foram confeccionados 12 corpos-de-prova de cada material e submetidos ao acabamento e polimento. Foram realizados 100.000 ciclos de abrasão em uma máquina de escovação simulada, utilizando escovas dentais de cerdas macias sob 200g de carga, com movimentos em direção perpendicular à superfície, frequência de 374ciclos/min e solução de dentifrício e água deionizada, na proporção de 1:2. As escovas foram substituídas a cada 50.000 ciclos e a solução foi constantemente repostada. A alteração de massa foi verificada pela diferença entre as médias de massa inicial (antes da escovação) e final (após a escovação) em balança analítica digital com precisão de 0,0001g. A análise da rugosidade superficial foi feita com uma sonda mecânica de 5 μm acoplada ao rugosímetro Hommel Tester T1000 (Hommelwerke), com velocidade constante de

0,15mm/s e força de 0,8mN, utilizando o parâmetro de medição R_a expresso em μm , com *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 1,25mm. A rugosidade foi determinada pela diferença entre as médias de 5 leituras, iniciais e finais. Os dados foram encaminhados para a análise estatística com os testes *t* pareado, ANOVA, Tukey e correlação de Pearson, todos com níveis de significância de 5%. Fotomicrografias das superfícies das amostras foram obtidas em MEV antes e após os procedimentos de abrasão para ilustrar os possíveis efeitos. Os resultados demonstraram que todos os materiais apresentaram uma alteração significativa na massa após a escovação simulada (SureFil – 0,38%; Alert – 0,62%; Z100 – 1,16%; Filtek P60 – 1,31%; SOLitaire – 1,51%, Prodigy Condensable – 1,55%; Silux Plus – 1,69%). Nas leituras de rugosidade superficial foram observados dois resultados distintos: Prodigy Condensable (0,19 μm), Solitaire (0,28 μm) e Z100 (0,30 μm) apresentaram-se mais lisas após o teste de escovação, enquanto Alert (0,49 μm), Filtek P60 (0,28 μm), Silux Plus (0,39 μm) e SureFil (0,81 μm) apresentaram aumento na rugosidade de superfície. Não houve correlação entre perda de massa e rugosidade superficial. As observações em MEV revelaram alterações superficiais em todas as resinas compostas após o teste de abrasão. Os autores concluíram que as resinas condensáveis SureFil e Alert foram mais resistentes ao desgaste do que os outros materiais, entretanto SureFil apresentou a maior rugosidade entre todos os materiais testados após a escovação simulada. De acordo com os autores, a superioridade das resinas compostas condensáveis não deve ser esperada.

Sabbagh et al. (2004) averiguaram o conteúdo inorgânico em porcentagem de peso e examinaram a morfologia das partículas de 39 resinas compostas, dentre elas híbridas, condensáveis, micropartículas, fluidas, ormocers e de cura química. As porcentagens de peso foram determinadas por duas técnicas: análise de termogravimetria e técnica de aquecimento a 900°C. O tamanho e a forma das partículas foram examinados após a dissolução da matriz orgânica através de MEV. Os resultados das análises demonstraram que o conteúdo inorgânico em porcentagem de peso variou de 41,6% a 84,6% e que variações amplas entre materiais da mesma categoria foram identificadas. Além disso, para alguns materiais, os valores de conteúdo de carga em peso não tiveram concordância com aqueles fornecidos pelos fabricantes e diferenças de mais de 20% em valores absolutos foram encontradas. As fotomicrografias revelaram que a maioria dos

compósitos investigados possuía partículas com forma irregular e superfície rugosa. Entretanto, de acordo com os autores, partículas de forma arredondadas e superfícies lisas oferecem maior resistência dos materiais. Os autores discutiram e reconheceram que diferentes fatores podem ter influenciado na obtenção de dados conflitantes com os dos fabricantes, entretanto, recomendaram que, devido ao conteúdo inorgânico em porcentagem de peso ser um fator influente nas propriedades mecânicas dos compósitos, os dados fornecidos pelos fabricantes devem ser considerados com precaução.

Garcia et al. (2004) mensuraram a perda de massa e as alterações de rugosidade superficial de resinas fluidas após teste de escovação simulada. As resinas compostas testadas foram: Aeliteflo (Bisco), Flow-It (Jeneric Pentron), Flow-It LF (Jeneric Pentron), Natural Flow (DFL) e Wave (SDI) e os compósitos híbrido Z100 (3M ESPE) e microparticulado Silux Plus (3M ESPE) serviram como controle. Foram confeccionados 12 espécimes de cada material. A massa inicial (g) foi obtida em balança analítica digital e a rugosidade superficial (μm) aferida com uma sonda mecânica de $5\mu\text{m}$ acoplada ao rugosímetro Hommel Tester T1000 (Hommelwerke). Para a medição da rugosidade foi utilizado o parâmetro R_a , à velocidade constante de $0,15\text{mm/s}$ sob carga de $0,8\text{mN}$, com *cut-off* de $0,25\text{mm}$ e comprimento de avaliação de $1,5\text{mm}$. A escovação simulada foi conduzida através de movimentos perpendiculares à superfície de deslizamento e com carga de 200g . Foram utilizadas escovas dentais com cerdas macias, substituídas a cada 50.000 ciclos e pasta aquosa de dentífrício e água destilada, na proporção 1:2. Foram realizados 100.000 ciclos de escovação por espécime, em uma frequência de aproximadamente 374ciclos/min . Ao final do teste de escovação, os valores de peso e rugosidade foram novamente aferidos e, juntamente com os valores iniciais, submetidos à análise estatística através dos testes *t* pareado e Tukey, todos com níveis de significância de 5%. Houve diferença estatisticamente significativa de perda de massa dos materiais individualmente, exceto para o compósito Flow-It LF. Todavia, não foi observada diferença estatisticamente significativa na comparação de perda de massa entre os materiais testados. Considerando a rugosidade superficial, todos os materiais apresentaram-se mais rugosos após o teste de escovação, sendo que a resina fluida Wave foi a que apresentou, estatisticamente, maior rugosidade. Não houve correlação entre as avaliações de perda de massa e a rugosidade superficial

dos compósitos. Os autores concluíram que as resinas compostas fluidas demonstraram inferioridade em relação aos compósitos híbrido e microparticulado nas avaliações de perda de massa e rugosidade superficial, devendo-se esperar maior desgaste e rugosidade desses materiais após a ação de escovação.

De acordo com Yap et al. (2005) as restaurações com compósitos podem ser comprometidas ou até destruídas por procedimentos de higiene oral. Segundo os autores, a rugosidade superficial é uma degradação que compromete as restaurações e se, após a exposição a vários procedimentos de manutenção de higiene, a rugosidade superficial das restaurações ultrapassar $2\mu\text{m}$, os autores aconselham a execução de um novo polimento das restaurações para que seja mantida a saúde periodontal, a aparência estética e para que as mesmas tenham longevidade.

Lu et al. (2005) pesquisaram o efeito da rugosidade de superfície de resinas compostas na resistência ao manchamento. Foram testados um compósito nanoparticulado – Filtek Supreme (3M ESPE), um microparticulado – Filtek A110 (3M ESPE) e duas resinas híbridas – Filtek Z250 (3M ESPE) e Filtek P60 (3M ESPE). Foram confeccionados 30 corpos-de-prova de cada material e divididos aleatoriamente em 6 grupos ($n=5$). As amostras de 5 grupos foram polidas com lixas de granulações 1000, 1200, 1500, 2000 e 2500, respectivamente e, as do sexto grupo, foram polidas com lixas de granulações 2500 ou 1200 (controle). Foram mensurados o brilho e a rugosidade superficial (μm) dos espécimes com um medidor de brilho e um rugosímetro, respectivamente. Posteriormente, as amostras dos grupos testes foram imersas em café e as do grupo controle em água destilada e todas foram mantidas em estufa a 37°C . As mensurações de cor foram realizadas através de um espectrofotômetro previamente à imersão, após 3, 7 e 14 dias e foram calculadas as mudanças de cores [$\Delta E^*(ab)$]. Os resultados demonstraram que houve influência estatística das variáveis tempo, café, material, rugosidade e da interação material X rugosidade na resistência ao manchamento dos compósitos avaliados. Os autores evidenciaram que houve influência direta da rugosidade superficial no brilho dos materiais restauradores e que o manchamento foi maior de acordo com o aumento da rugosidade, exceto para o compósito microparticulado. Os

autores insinuaram que a qualidade da textura superficial das restaurações é um fator determinante no sucesso das restaurações.

Mondelli et al. (2005) avaliaram a resistência ao desgaste de compômeros e resinas compostas submetidos a um teste de escovação simulada, com o objetivo de investigar a perda de massa e as alterações de rugosidade superficial entre os materiais restauradores após o teste. Foram confeccionados 10 espécimes cilíndricos dos seguintes compômeros: Dyract (Dentsply Caulk), Dyract AP (Dentsply Caulk), Compoglass F (Vivadent), Freedom (SDI), F2000 (3M ESPE), bem como das resinas compostas Z100 (3M ESPE) e Silux Plus (3M ESPE) que serviram como controles. No teste de abrasão foram utilizadas escovas de cerdas macias, carga de 200g e solução de dentifrício e água deionizada, na proporção 1:2. Foram realizados 100.000 ciclos de escovação simulada para cada espécime. A perda de massa foi obtida pela diferença em porcentagem entre a massa inicial (antes da escovação) e final (após a escovação). A rugosidade superficial foi verificada nos mesmos períodos da avaliação de massa das amostras e foi determinada pela diferença em porcentagem entre as médias de rugosidade inicial e final, após 5 leituras realizadas em rugosímetro (Hommel Tester T1000/Hommelwerke). A análise estatística, obtida através dos testes *t* pareado, ANOVA e Tukey, todos com níveis de significância de 5%, demonstrou que todos os materiais testados apresentaram perda de massa e aumento significativo da rugosidade. Os compômeros apresentaram maior perda de massa em relação às resinas compostas.

Teixeira et al. (2005) avaliaram o desgaste e a rugosidade superficial, *in vitro*, de 2 compósitos em diferentes intervalos de ciclos de abrasão por escovação. Foram preparados 20 espécimes da resina composta híbrida Filtek Z250 (3M ESPE) e da nanoparticulada Filtek Supreme (3M ESPE) de acordo com as recomendações dos fabricantes. Cada espécime foi submetido à escovação simulada, com carga vertical de 250g, escova dental de cerdas macias e pasta aquosa de dentifrício e água deionizada. Foram realizadas seqüências de escovação de 10.000, 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos para todos os espécimes. No início e a cada intervalo, a rugosidade superficial (μm) das amostras foi obtida através de um rugosímetro (Surfanalyzer System 5000/Providence) e a perda vertical de massa dos materiais foi determinada através de um micrômetro de precisão (μm). Também foram realizadas

análises em MFA e MEV. A análise estatística dos dados foi feita através de ANOVA, com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que o desgaste por abrasão e a rugosidade de superfície aumentaram a cada ciclo para ambos os materiais. Foi evidenciado que a resina composta Filtek Supreme demonstrou desgaste significativamente menor do que a Filtek Z250 após 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos e demonstrou rugosidade de superfície significativamente maior após 50.000 e 100.000 ciclos. Entretanto, MFA e MEV indicaram maior uniformidade na topografia de superfície do compósito nanoparticulado comparado ao híbrido. Os autores concluíram que, apesar do comportamento similar de ambos os materiais nas avaliações iniciais, foram reveladas diferenças entre os compósitos na resistência ao desgaste e na rugosidade superficial conforme o aumento do número de ciclos.

Lee et al. (2005) sondaram a interferência de forças abrasivas generalizadas no brilho, na rugosidade superficial e na quantidade de desgaste de materiais restauradores. Foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos a partir de 6 compósitos (n=8): duas resinas híbridas - Esthet-X (Dentsply Caulk) e Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent); duas resinas de micropartículas - Heliomolar (Ivoclar Vivadent) e Renamel Microfill (Cosmedent); uma resina nanoparticulada - Filtek Supreme (3M ESPE); uma resina composta incorporada de partículas esféricas - Estelite Σ (Tokuyama Dental). As amostras foram submetidas a 400.000 ciclos de simulação de desgastes generalizados. O brilho foi mensurado inicialmente e a cada 100.000 ciclos com um medidor de brilho. A rugosidade superficial (μm) de cada espécime foi mensurada antes e após o ciclo total, através de um rugosímetro (Surtronic 3P/Taylor-Hobson), com parâmetro de medição R_a , *cut-off* de 0,8mm, comprimento de avaliação de 4,5mm e velocidade de mensuração de 0,25mm/s. A quantidade de desgaste foi mensurada através de um rugosímetro tridimensional. Os dados foram analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e Fisher, ambos com níveis de significância de 5% e análise de regressão linear, com nível de significância de 1%. Os resultados demonstraram que o brilho foi influenciado pelo número de ciclos de desgaste e variou de acordo com as marcas comerciais dos compósitos, sendo que as resinas híbridas Esthet-X e Tetric Ceram demonstraram as menores leituras de brilho. O aumento da rugosidade superficial após os ciclos de desgaste foi estatisticamente significativo (de 0,03 a 0,06 μm – R_a inicial/1,47 a 1,85 – R_a final),

porém não foi influenciado pelos vários tipos de resinas. A quantidade de desgaste foi estatisticamente significativa e diferenciou entre as marcas comerciais dos compósitos. Os autores concluíram que as resinas compostas desgastam como consequência de forças abrasivas generalizadas e que, superficialmente, se tornam rugosas e com menor brilho e sugeriram que protocolos para manutenção de restaurações com menores índices de desgaste e com superfícies lisas e brilhosas devem ser desenvolvidos.

Baseados no incompleto entendimento de como os formatos e tamanhos de partículas inorgânicas influenciam na resistência ao desgaste e na conversão dos monômeros das resinas compostas, Turssi; Ferracane; Vogel (2005) desenvolveram um teste de desgaste abrasivo e avaliação do grau de conversão de 12 compósitos experimentais contendo tanto partículas de formato esférico (sílica) como irregular (vidro de borossilicato de alumínio e bário). Considerando a variação de tamanho das partículas, foram formulados materiais com composição monomodal (somente um tamanho de partículas), bimodal (dois tamanhos de partículas) e trimodal (três tamanhos de partículas) com variação de 100 a 1500nm. A matriz orgânica de todas as formulações consistiu de uma combinação de BisGMA, UEDMA e TEGDMA. O iniciador fotossensível foi a canforoquinona na concentração de 0,33%. Todos os compósitos foram formulados com conteúdo de carga de 56,7% em volume. Os testes de abrasão foram conduzidos em uma máquina de desgaste (n=6) e, após 100.000 ciclos, a profundidade de desgaste foi quantificada através de um rugosímetro. O grau de conversão foi mensurado através de um espectrômetro nas superfícies dos compósitos (n=6). Os dados obtidos foram analisados utilizando os testes estatísticos ANOVA a um critério e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Foi detectado que as formulações com partículas maiores, esféricas ou irregulares, diminuíram a resistência dos materiais ao desgaste, porém permitiram maior conversão dos monômeros e, aquelas com partículas menores, também independente da forma, reduziram o desgaste dos compósitos, entretanto, demonstraram os mais baixos índices de grau de conversão. Com relação à geometria, no teste de abrasão, as partículas irregulares foram significativamente mais resistentes ao desgaste do que as esféricas de mesmo tamanho e na avaliação do grau de conversão, não houve diferença estatisticamente significativa na comparação de partículas do mesmo tamanho com diferentes geometrias. Para

alguns tamanhos e combinações específicas (mono, bi ou trimodais), a presença de pequenas partículas, tanto esféricas como irregulares, na composição dos materiais, aumentaram a resistência ao desgaste, sem comprometer a porcentagem das duplas ligações de carbono. Os autores concluíram que o tamanho das partículas tem influência significativa na resistência ao desgaste enquanto a geometria das partículas compromete significativamente somente a resistência ao desgaste, sendo indistinguível sua influência no grau de conversão dos compósitos.

Heintze e Forjanic (2005) mensuraram o efeito da escovação simulada em 21 materiais odontológicos: 16 resinas compostas, 1 amálgama e 4 materiais cerâmicos. Foram confeccionados 8 espécimes para cada material e submetidos a 36.000 ciclos de escovação com pasta aquosa, movimentos circulares e força de 1,7N. Esmalte e dentina de dentes anteriores extraídos não polidos foram usados como controle. A rugosidade superficial média (μm) foi mensurada com uma sonda óptica antes e após a escovação. Para comparar a rugosidade dos diferentes materiais, os testes estatísticos de ANOVA e Tukey foram aplicados, ambos com níveis de significância de 5%. O esmalte e a dentina apresentaram diminuição significativa nos valores médios de rugosidade após a escovação. As cerâmicas dentais e o amálgama não demonstraram alterações na rugosidade superficial pré e pós-escovação simulada. Com relação às resinas compostas, as híbridas demonstraram maior aumento na média de rugosidade após a escovação quando comparadas às microparticuladas, entretanto, não houve correlação entre o tamanho médio das partículas e os valores médios de rugosidade após a escovação simulada.

Morgado (2005) comparou a resina composta nanoparticulada Filtek Supreme (3M ESPE) à híbrida Filtek Z250 (3M ESPE) e à microparticulada Durafill VS (Heraeus Kulzer) durante as avaliações de microdureza, rugosidade superficial e a alteração de massa após polimento e escovação simulada. Foram confeccionados 24 corpos-de-prova cilíndricos com cada compósito, sendo que, metade das amostras foi submetida aos testes de microdureza e, a outra, foi destinada à avaliação da alteração de massa e rugosidade superficial. Para o teste de microdureza, os corpos-de-prova foram incluídos, polidos e submetidos à leitura de dureza Vickers. Para a determinação da massa (g), as amostras foram pesadas em

balança analítica digital e, em seguida, foram submetidas às leituras de rugosidade superficial (μm) em rugosímetro Perthometer S8P (Mahr-Perthen) com sonda óptica acoplada de raio de $1\mu\text{m}$, sendo utilizado o parâmetro de medição R_a . Após 7 dias, os corpos-de-prova foram submetidos aos procedimentos de acabamento e polimento com discos de lixa Sof-Lex (3M ESPE) e novamente foram aferidos os valores de massa e rugosidade superficial. Para a realização do teste de abrasão, foi utilizada uma máquina de escovação mecânica, com velocidade de 374 ciclos/min e carga de 250g. A solução aquosa para a escovação foi preparada com 50g de creme dental e 100g de água deionizada e foi constantemente reposta. As escovas dentais foram renovadas a cada 25.000 ciclos. Os corpos-de-prova foram submetidos a 100.000 ciclos de escovação. Posteriormente, foram aferidos o peso e a rugosidade superficial finais das amostras. Os dados obtidos foram encaminhados para os testes estatísticos ANOVA a um critério e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Considerando os valores de dureza Vickers, a ordem decrescente dos compósitos foi resina híbrida, nanoparticulada e microparticulada e os resultados da análise estatística demonstraram que houve diferença significativa na microdureza. Com relação à alteração de massa, não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre nenhum dos períodos e para nenhum dos compósitos. Para a rugosidade superficial, foram constatadas diferenças estatisticamente significantes entre os períodos e materiais estudados: o aumento da rugosidade superficial das resinas Filtek Z250 e Durafill VS, após o polimento, foi estatisticamente significativo, sendo que compósito microparticulado apresentou maior alteração, diferindo estatisticamente das restantes; após a escovação, todas as resinas compostas apresentaram maiores valores de rugosidade superficial comparadas aos outros períodos e, entre elas, Filtek Supreme apresentou a maior rugosidade superficial com diferença significativa dos outros compósitos. O autor concluiu que, de acordo com os resultados de microdureza e alteração de massa, a resina composta nanoparticulada pode ser indicada em restaurações posteriores por ter apresentado resultados semelhantes à resina híbrida; entretanto, com relação à indicação para as restaurações de dentes anteriores, a alteração significativa na rugosidade superficial da resina nanoparticulada após a escovação simulada deve ser levada em consideração, demonstrando sua dificuldade em reter o polimento comparada aos outros compósitos e, conseqüentemente, limitando suas indicações na região anterior.

Martinelli et al. (2006) compararam a perda de massa e a rugosidade superficial de 3 tipos de compósitos polimerizados por duas fontes de luz (halógena e LED). As resinas compostas híbrida TPH (Dentsply Caulk), híbrida Charisma (Heraeus Kulzer) e modificada Definite (Degussa), foram utilizadas para a confecção de 60 corpos-de-prova, sendo 20 de cada compósito e, desses, 10 foram fotopolimerizados por LED e 10 por luz halógena durante 40s. Os espécimes foram levados ao rugosímetro (Prazis RUG-03/ARO) para a análise da rugosidade superficial inicial (μm) e, em seguida, armazenados por 15 dias em água a 37°C. Posteriormente, para a determinação da massa (g), os corpos-de-prova foram pesados em uma balança analítica digital e submetidos à escovação simulada. Foram utilizadas escovas de cerdas macias e uma pasta aquosa de dentífrico e água deionizada, na proporção de 1:1. Ambos, a escova e a pasta aquosa, foram substituídos para cada novo grupo de espécimes. Após 35.600 ciclos de escovação, os espécimes foram limpos e tiveram o peso e a rugosidade superficial média final aferidos novamente. A perda de massa foi obtida através do cálculo da diferença entre as massas iniciais e finais. Os dados foram analisados pelo teste estatístico ANOVA a um critério e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que houve diferença estatisticamente significativa entre os compósitos fotopolimerizados por LED, sendo que a resina TPH demonstrou maior resistência à abrasão, apresentando os menores valores de rugosidade superficial e perda de massa ($p < 0,05$). Considerando a fotopolimerização por luz halógena, não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais restauradores frente os testes de rugosidade superficial e perda de massa ($p > 0,05$). Os autores relacionaram a composição da porção inorgânica da resina híbrida (TPH), que possui partículas de tamanho maiores comparada aos outros dois compósitos, com os resultados de maior resistência à abrasão por escovação demonstrados neste estudo.

De acordo com Teughels et al. (2006), as bactérias e microorganismos hospedeiros da cavidade oral precisam aderir em tecidos moles ou duros para que possam resistir às forças de remoção existentes neste ambiente, como: a deglutição, o atrito friccional da língua, alimentos e higiene oral e o enxágüe pela saliva e fluido do sulco gengival. A rápida renovação das células do epitélio oral (3X/dia) representa um eficiente mecanismo de defesa que previne o acúmulo de grandes

massas de bactérias e microorganismos nos tecidos moles da boca. Sendo assim, os dentes, próteses e implantes dentais são locais possíveis para a aderência e permanência desses hospedeiros possibilitando, inclusive, a subsequente formação de biofilmes. A partir de uma revisão sistemática da literatura, esses autores avaliaram criticamente a influência das características superficiais (químicas, rugosidade e energia livre) das estruturas orais em que ocorre a aderência de microorganismos e bactérias e a formação de biofilmes bacterianos. Foi possível concluir que superfícies rugosas acumulam e retêm mais placa bacteriana comparadas às superfícies com maior lisura superficial, fato que pode ser explicado pelos seguintes fatores: a adesão inicial de microorganismos e bactérias ocorre em locais em que elas se sintam “protegidas” das forças de remoção que estão sujeitas no ambiente oral; superfícies rugosas possuem maior área de adesão do que superfícies lisas e áreas rugosas são mais difíceis de serem higienizadas, resultando em um rápido crescimento do biofilme pela multiplicação das espécies remanescentes. Os autores afirmaram, a partir desta revisão sistemática, que um aumento da rugosidade superficial de materiais restauradores acima do limiar de $0,20\mu\text{m}$, considerando o parâmetro de medição R_a , facilita a formação de biofilmes bacterianos.

Attin; Buchalla; Hellwing (2006) tiveram o propósito de avaliar a ação de abrasão por escovação em duas resinas compostas, uma híbrida (Herculite XRV/Kerr) e outra de micropartículas (Heliomolar Radioopaque/Ivoclar Vivadent), após a aplicação de diferentes vernizes fluoretados acídicos nas superfícies desses materiais. Foram confeccionados 36 corpos-de-prova cilíndricos de cada material e randomicamente divididos em 3 grupos. No primeiro grupo, as amostras foram cobertas com o verniz fluoretado acídico Bifluorid 12 (Voco), no segundo grupo com o verniz fluoretado acídico Elmex Fluid (Gaba) e no terceiro grupo, as amostras não receberam a aplicação de verniz e serviram como controle. Todas as amostras foram mantidas por 8h nesse pré-tratamento e armazenados a 37°C . Os espécimes foram submetidos ao teste de abrasão por escovação. Foram usadas escovas com cerdas médias e renovadas a cada 5 espécimes escovados. Em cada seqüência de escovação, os espécimes foram submetidos a 2000 ciclos (200ciclos/min de escovação) com carga de 250g. A pasta abrasiva aquosa (2,0ml de água destilada, 1,0g de dentífrico e 1,2g de pedra-pomes de granulação média) foi renovada para

cada espécime. A fluoretação e a abrasão por escovação foram repetidas duas vezes. Posteriormente, a rugosidade dos corpos-de-prova foi quantitativamente determinada com um rugosímetro à laser (Microfocus/UBM Messtechnik). Foram obtidas 5 mensurações para cada espécime. A partir da média fornecida pelo software do rugosímetro, os dados foram analisados estatisticamente pelo teste de análise de variância ANOVA, com nível de significância de 5%. Para o grupo da resina híbrida, Biofluorid 12 e Elmex Fluid levaram a um aumento significativo do desgaste subsequente da abrasão por escovação comparado ao grupo controle, entretanto, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os espécimes submetidos à fluoretação. O grupo da resina de micropartículas tendeu a demonstrar maior abrasão após o tratamento com Elmex Fluid comparada ao Biofluorid 12 e ao grupo controle, ao passo que o tratamento com Biofluorid 12 não mostrou diferença estatisticamente significativa comparado ao grupo controle. A fluoretação dos espécimes de resina híbrida resultou em um aumento de 106% a 121% da abrasão e dos espécimes de resina de micropartículas mostrou um aumento da abrasão somente de 5% a 30%, demonstrando diferença estatisticamente significativa entre os compósitos. Os autores concluíram que a aplicação de vernizes acídicos fluoretados em resinas compostas reduz a resistência à abrasão por escovação destes materiais restauradores.

Heintze (2006) realizou uma investigação dos métodos existentes para avaliação do desgaste dos materiais restauradores. Seus achados o levaram a concluir que a significância clínica do desgaste dos materiais restauradores pode ser atribuída, primariamente, ao comprometimento da aparência estética das restaurações onde a perda do material tornar-se clinicamente visível principalmente na região de dentes anteriores.

Lambrechts et al. (2006a) classificaram a abrasão dental como o mecanismo de desgaste mais importante na perda de material restaurador e definiram que a abrasão dental é causada principalmente pela fricção superficial da escova e pasta dental, do bolo alimentar e dos componentes fluidos durante a deglutição. Por outro lado, o mecanismo de atrição ocorre durante o contato direto do substrato dental/restauração com o dente antagonista e resulta em desgaste, desde que uma das superfícies de contato apresente, no mínimo, um índice de dureza 50% mais

alto do que o antagonista. Segundo os autores, o fato das porções orgânicas e inorgânicas que formam os compósitos dentais derivarem de diferentes materiais primários, exerce forte influência desses materiais nos níveis de desgaste. Além disso, a adesão das partículas inorgânicas com a matriz orgânica promovidas por agentes silano nas resinas compostas influencia fortemente na resistência ao desgaste desses materiais. A porcentagem das partículas inorgânicas cobertas com silano aumenta linearmente a resistência ao desgaste dos compósitos.

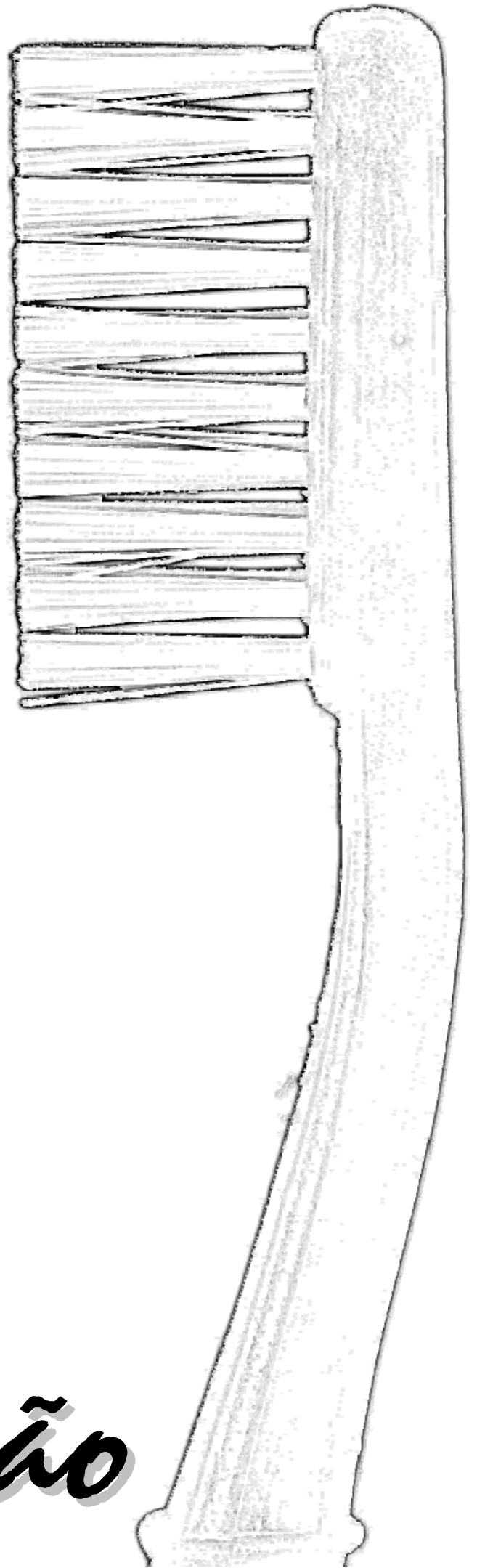
Lambrechts et al. (2006b) revisaram criticamente os fatores contribuintes para o processo de desgaste e dividiram os simuladores de desgaste em Odontologia de acordo com suas capacidades de simular as condições de desgaste. Os resultados desse estudo levaram os autores a concluir que o desgaste é um processo complexo que dificilmente pode ser simulado com todas as variáveis sendo controladas. A extrapolação dos resultados de estudos, *in vitro*, para situações, *in vivo*, é muito delicada e é dificultada devido à existência de várias interações com os fatores biológicos em situações clínicas, irreproduzíveis em situações laboratoriais.

Penteado (2006) examinou a alteração da rugosidade superficial e a massa da resina composta híbrida Filtek Z250 (3M ESPE) e da nanoparticulada Filtek Supreme (3M ESPE), submetidas à ciclagem de pH e à escovação simulada. Foram confeccionadas 12 amostras de cada material, armazenadas em estufa a 37°C por 24h e, posteriormente, polidas com discos seqüenciais Sof-Lex. A análise da rugosidade superficial dos espécimes foi realizada no MFA e a pesagem (g) em uma balança analítica digital com precisão de 4 dígitos. Em seguida as amostras foram encaminhadas para a ciclagem de pH durante 10 dias consecutivos e uma nova leitura da rugosidade e pesagem foram realizadas. Os espécimes foram submetidos a 50.000 ciclos de escovação simulada, com carga de 200g e velocidade de 374ciclos/min, onde foi utilizada escova dental de cerdas macias e pasta aquosa de água destilada com dentífrício, na proporção 1:2. Novamente foram avaliados o peso e a rugosidade superficial. Os dados obtidos foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA, regressão linear e teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Com relação aos testes experimentais, o autor concluiu que a ciclagem de pH interferiu na massa dos compósitos, mas não influenciou na rugosidade superficial, enquanto que, a escovação simulada não alterou a massa, mas

aumentou a rugosidade superficial dos dois grupos. Considerando o comportamento das resinas compostas, foi observada diferença estatisticamente significativa entre os pesos dos compósitos avaliados em todos os tempos (inicial, pós-ciclagem de pH e pós-escovação simulada), sendo que a resina Filtek Supreme apresentou peso menor do que Filtek Z250. No que se referiu à rugosidade superficial, não houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas. Com relação aos compósitos, o autor concluiu que, apesar da diferença de tamanho de partículas, as resinas compostas apresentaram comportamento semelhante em relação à rugosidade superficial e diferiram somente na avaliação do peso.

Kakaboura et al. (2007) exploraram a qualidade de superfície de 3 tipos de resina compostas e compararam alguns métodos de mensuração da rugosidade superficial desses materiais. Os materiais avaliados foram: 1) resina híbrida – TPH Spectrum (Dentsply Caulk); 2) resina de micropartículas reforçada – Micronew (Bisco); 3) resinas híbridas: Synergy Duo (Coltène), Esthet-X (Dentsply Caulk), Point 4 (Kerr) e Palfique Estelite (Tokuyama Dental). Os espécimes, preparados em forma de discos idênticos e polidos com discos Soflex, foram divididos em 3 grupos (n=6). No grupo 1, a macrorugosidade superficial das amostras foi mensurada com um rugosímetro mecânico 2D, utilizando o parâmetro de medição R_a . No grupo 2, um MFA forneceu imagens 3D e os valores de microrugosidade superficial dos espécimes, utilizando S_a (parâmetro de medição do MFA semelhante à R_a do rugosímetro). No grupo 3, as superfícies dos compósitos foram submetidas à iluminação com ângulo de incidência de 60° e avaliadas através da leitura do brilho por um medidor infravermelho calibrado. Os índices de macrorugosidade (μm) variaram de 0,30 a 0,56 e os de microrugosidade (μm) variaram de 0,03 a 0,14. A porcentagem de brilho variou de 30,6% a 70,1%. A análise estatística realizada através dos testes de ANOVA a um critério e Scheffé, ambos com níveis de significância de 5%, revelou que houve diferença estatisticamente significativa na rugosidade superficial e no brilho dos materiais testados, bem como entre os métodos de mensuração da rugosidade superficial. As resinas híbridas, semelhantemente ao compósito de micropartículas reforçado, apresentaram menores valores de rugosidade e maiores índices de brilho comparadas às resinas híbridas. Os valores encontrados em MFA foram menores do que os obtidos através do rugosímetro para todas as resinas compostas. Foi confirmada a correlação entre

os valores de microrugosidade e porcentagem de brilho e não foi encontrada correlação entre os métodos de mensuração MFA e rugosímetro. Os autores concluíram que a MFA apresentou maior sensibilidade na avaliação da rugosidade superficial comparado ao rugosímetro 2D e que as resinas compostas microhíbridas apresentaram brilho e rugosidade superficial semelhantes ao compósito de micropartículas.



Proposição

3 PROPOSIÇÃO

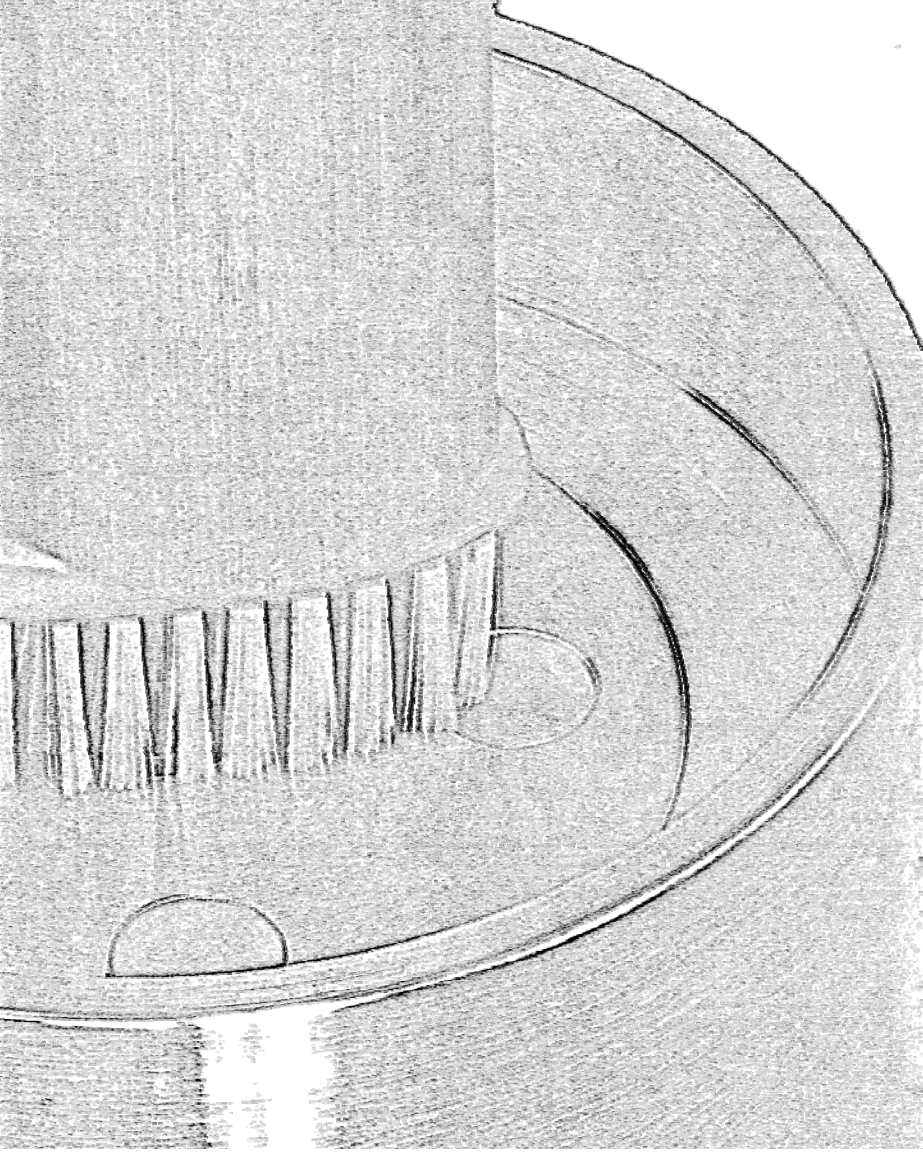
Avaliar a resistência ao desgaste, *in vitro*, por abrasão decorrente de escovação simulada por análises das alterações de massa e de rugosidade superficial de 10 resinas compostas universais (indicadas para restaurações de dentes anteriores e posteriores), a fim de:

- a) comparar as médias iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) de massa de cada resina composta;
- b) comparar a resistência ao desgaste dos compósitos através da análise das alterações na massa resultantes do teste abrasivo por escovação simulada;
- c) comparar as médias iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) de rugosidade superficial de cada resina composta;
- d) comparar a resistência ao desgaste dos compósitos através da análise das alterações na rugosidade superficial resultantes do teste abrasivo por escovação simulada;
- e) verificar se existe correlação entre os dois métodos de avaliação de resistência ao desgaste abrasivo resultante de escovação simulada.

Material

e

Métodos



4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Nesse estudo foram utilizadas 10 resinas compostas do tipo universal (FIG. 1).



Figura 1 – Resinas compostas utilizadas na pesquisa

As características e composições dos materiais avaliados estão dispostas nos QUADROS 1 e 2, respectivamente.

Marca comercial	Abreviatura adotada	Cor	Fabricante	Lote	Validade
Charisma	CH	A2	Heraeus Kulzer (Hanau, Alemanha)	010088	02/2008
Esthet-X	EX	A2	Dentsply Caulk (Milford, DE, EUA)	0404012	04/2007
Fill Magic	FM	A2E	Vigodent (Bonsucesso, RJ, Brasil)	019/05	02/2008
Filtek Supreme	SU	A2E	3M ESPE (Saint Paul, MN, EUA)	4BA	04/2007
Filtek Z100	Z1	A2	3M ESPE (Saint Paul, MN, EUA)	5FH	03/2008
Filtek Z250	Z2	A2	3M ESPE (St. Paul, MN, EUA)	5BA	12/2007
Herculite XRV	HE	A2E	Kerr Dental (Orange, CA, EUA)	422534	03/2008
Opallis	OP	A2E	FGM (Joinville, SC, Brasil)	140805	08/2007
Te-econom	TN	A2	Ivoclar Vivadent (Schaan, Principado de Liechtenstein)	G25312	11//2008
Tetric Ceram	TC	A2	Ivoclar Vivadent (Schaan, Principado de Liechtenstein)	G17490	06/2008

Quadro 1 – Características das resinas compostas avaliadas

Resina composta	Classificação	Composição da matriz orgânica	Tipo de partículas inorgânicas	Tamanho das partículas inorgânicas	Conteúdo de carga
CH	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisGMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Borosilicato de Flúor Alumínio e Bário • dióxidos de silício altamente dispersos 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Borosilicato de Flúor Alumínio e Bário (de 0,02 a 2μm) • dióxidos de silício altamente dispersos (de 0,02 a 0,07μm) 	82% em peso
EX	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisEMA • TEGDMA • UEDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Borosilicato de Flúor Alumínio e Bário • sílica nanométrica 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Borosilicato de Flúor Alumínio e Bário (< 1μm) • sílica nanométrica (0,04μm) 	77% em peso
FM	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • monômeros metacrilatos 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Bário • silicato de Alumínio 	<ul style="list-style-type: none"> • tamanho médio de 0,5μm 	80% em peso
SU	nanoparticulada	<ul style="list-style-type: none"> • BisEMA • BisGMA • TEGDMA • UEDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • nanopartículas de sílica não-aglomeradas • nanoaglomerados frouxamente aderidos formados por aglomerados de partículas primárias de zircônia e sílica 	<ul style="list-style-type: none"> • nanopartículas de sílica não-aglomeradas (20nm) • nanoaglomerados frouxamente aderidos (de 0,6 a 1,4μm) formados por aglomerados de partículas primárias de zircônia e sílica (de 5 a 20nm) 	78,5% em peso
Z1	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisGMA • TEGDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • Partículas de zircônia e sílica 	<ul style="list-style-type: none"> • de 0,01 a 3,50μm (com tamanho médio de 0,6μm) 	84% em peso
Z2	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisEMA • BisGMA • TEGDMA • UEDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • Partículas de zircônia e sílica 	<ul style="list-style-type: none"> • de 0,01 a 3,50μm (com tamanho médio de 0,6μm) 	84,5% em peso
HE	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisGMA • TEGDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Borosilicato de Alumínio • sílica coloidal 	<ul style="list-style-type: none"> • tamanho médio de 0,6μm 	80% em peso
OP	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisEMA • BisGMA • TEGDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de silicato de Alumínio e Bário • nanopartículas de dióxidos de silício 	<ul style="list-style-type: none"> • de 0,02 a 1,1μm (com tamanho médio de 0,5μm) 	78,5% em peso
TN	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisGMA • TEGDMA • UEDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Bário • sílica altamente dispersa • óxidos mistos • trifluoreto de itérbio 	<ul style="list-style-type: none"> • de 0,04 a 7,0μm 	81% em peso
TC	híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • BisGMA • TEGDMA • UEDMA 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Bário • vidro de silicato de Flúor Alumínio e Bário • óxidos mistos • sílica altamente dispersa • trifluoreto de itérbio 	<ul style="list-style-type: none"> • vidro de Bário (1,0μm) • vidro de silicato de Flúor Alumínio e Bário (1,0μm) • óxidos mistos (0,2μm) • sílica altamente dispersa (0,04μm) • trifluoreto de itérbio (0,24μm) 	81% em peso

Quadro 2 – Composições das resinas compostas avaliadas de acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes

Foram confeccionados 80 corpos-de-prova, sendo 8 para cada resina composta avaliada (CH, EX, FM, SU, Z1, Z2, HE, OP, TN e TC), a partir de uma matriz de alumínio, pertencente à máquina de escovação do laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté, SP, Brasil. A matriz possui um formato cilíndrico, com uma perfuração central (6,0mm de diâmetro X 2,0mm de espessura), onde é parafusada na máquina, e quatro periféricas (8,0mm de diâmetro X 2,0mm de espessura), onde as amostras são acondicionadas durante o teste (FIG. 2). Considerando que todas as perfurações periféricas da matriz possuem exatamente as mesmas dimensões, uma delas foi selecionada aleatoriamente para a confecção dos corpos-de-prova.



Figura 2 – Matriz de alumínio utilizada para a confecção dos corpos-de-prova

A matriz foi lubrificada com vaselina sólida na região da perfuração escolhida (FIG. 3) e apoiada sobre uma fita matriz de poliéster (TDV Dental Ltda., Pomerode, SC, Brasil) em cima de uma placa de vidro (FIG. 4). Com o auxílio de uma espátula para compósitos AP-01 (APB, Florianópolis, SC, Brasil), um único incremento de resina composta foi inserido e acomodado na perfuração (FIG. 5 e 6) e coberto com uma fita matriz de poliéster e uma lâmina de vidro de microscópio (Carvalhes Prod. Lab. Ltda., Alvorada, RS, Brasil). Sobre o conjunto foi exercida uma leve pressão

digital por 10s para uniformizar a superfície e possibilitar o extravasamento do excesso de material (TURSSI et al., 2001) (FIG. 7).

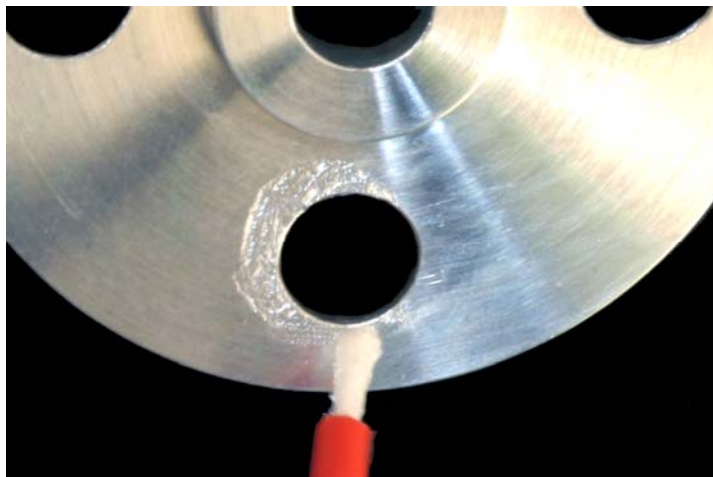


Figura 3 – Lubrificação da perfuração escolhida com vaselina sólida para a confecção dos corpos-de-prova

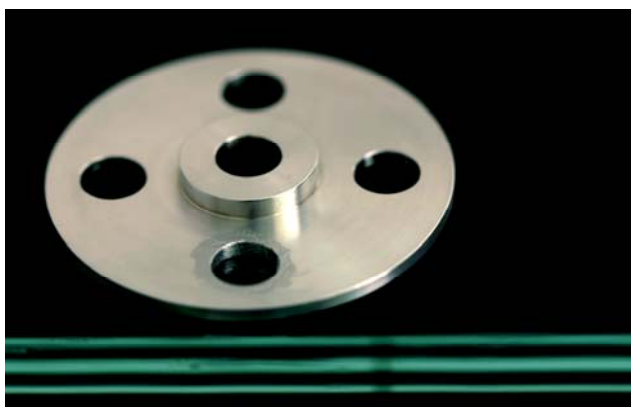


Figura 4 – Matriz de alumínio apoiada sobre a fita matriz de poliéster e a placa de vidro

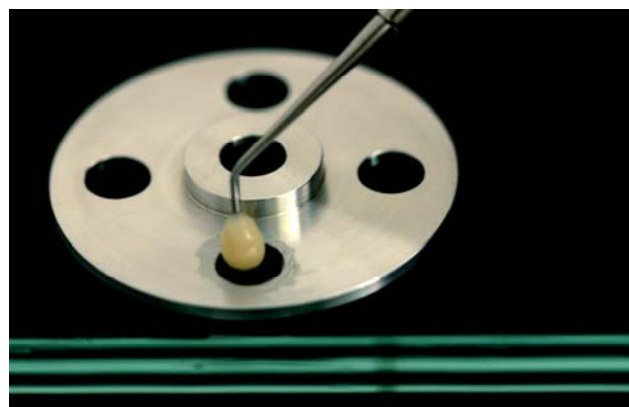


Figura 5 – Inserção de um único incremento de resina composta na matriz com o auxílio de uma espátula

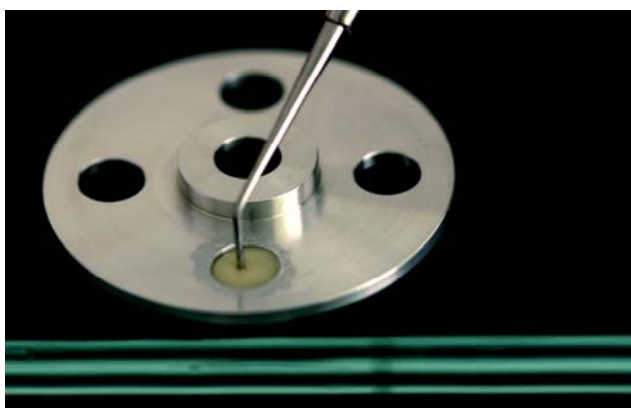


Figura 6 – Acomodação da resina composta

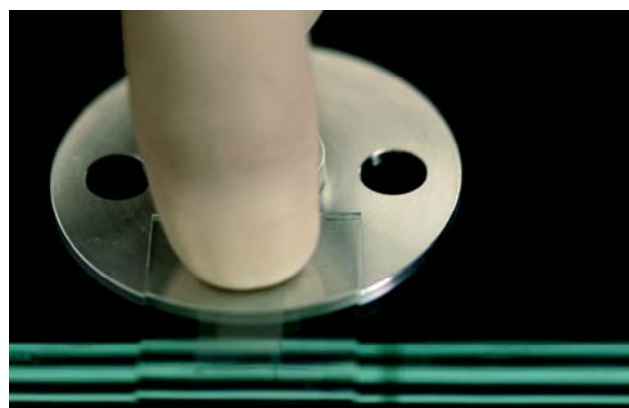


Figura 7 – Pressão digital sobre a lâmina de vidro e fita matriz de poliéster para uniformização da superfície da resina composta

A lâmina foi deslocada para ser efetuada a fotopolimerização do compósito, na qual foi utilizado o aparelho de luz halógena Optilux 501 (Demetron Research Corp., Danbury, CT, EUA) (FIG. 8). Esse aparelho possui um radiômetro digital acoplado que foi utilizado antes da fotopolimerização de cada amostra para a leitura e certificação da intensidade de luz na faixa de 600 mW/cm^2 (FIG. 9).



Figura 8 – Aparelho fotopolimerizador Optilux 501



Figura 9 – Aferição da intensidade de luz no radiômetro digital acoplado ao fotopolimerizador

Para a fotopolimerização, a ponta do aparelho foi encostada na fita matriz de poliéster e foi feita uma ativação inicial por 20s (FIG. 10). Em seguida, a fita foi removida e a ativação efetiva foi realizada diretamente na superfície da amostra de acordo com os tempos de fotopolimerização recomendados pelos fabricantes de cada material (FIG. 11).

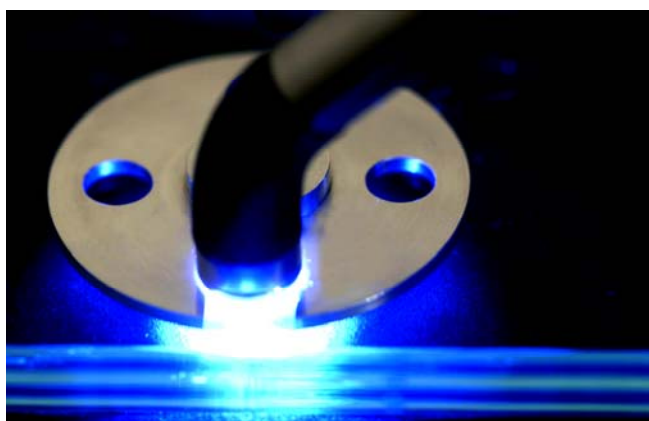


Figura 10 – Fotopolimerização inicial do corpo-de-prova através da fita matriz de poliéster

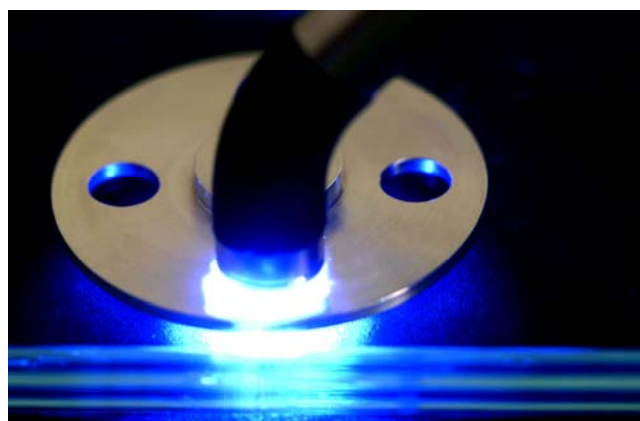


Figura 11 – Fotopolimerização efetiva do corpo-de-prova após a remoção da fita matriz de poliéster

Após a fotopolimerização, o corpo-de-prova foi removido da matriz através de pressão digital. Essa manobra foi realizada no sentido da base para a superfície, com o intuito de evitar a ocorrência de fraturas, trincas, ou ambas, na superfície da amostra devido à presença de saliências laterais nessa região, decorrentes do extravasamento de material no momento antecedente à fotopolimerização (FIG. 12).



Figura 12 – Remoção do corpo-de-prova da matriz através de pressão digital. Observar que o sentido do movimento de remoção preserva as saliências laterais intactas, evitando a ocorrência de fraturas, trincas, ou ambas, na superfície do corpo-de-prova.

As bases dos corpos-de-prova foram enumeradas com caneta de retro projetor (FIG. 13) e, de acordo com as normas da ISO 1999, os mesmos foram acondicionados em frascos escuros individualizados para cada resina composta, imersos em água deionizada e mantidos a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, na estufa Quimis, modelo Q.316B.24 (Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Diadema, SP, Brasil). Os frascos foram identificados com as abreviaturas dos materiais (FIG. 14).

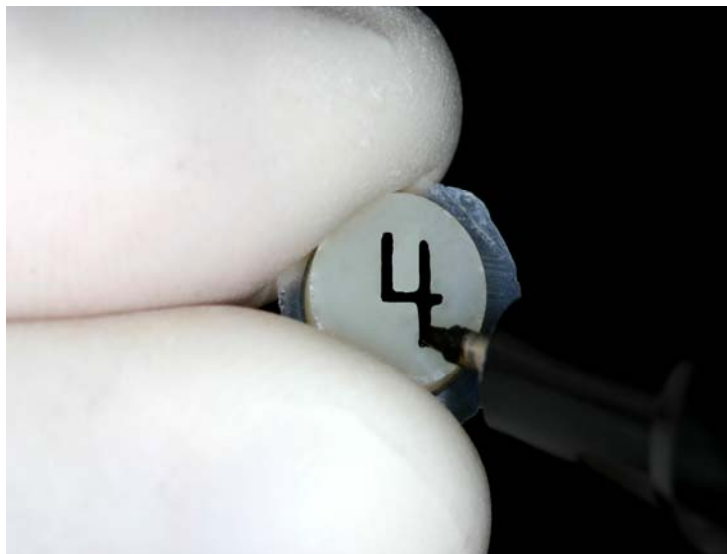


Figura 13 – Enumeração dos corpos-de-prova



Figura 14 – Frasco escuro utilizado para o armazenamento dos corpos-de-prova de cada resina composta

Após 24h, as saliências laterais das amostras foram removidas através de lixamento manual a seco com lixas d' água de granulação 600 (3M do Brasil, Sumaré, SP, Brasil) (FIG. 15). A limpeza das amostras foi feita em água corrente por 2min (FIG. 16) e os corpos-de-prova foram encaminhados para a pesagem.

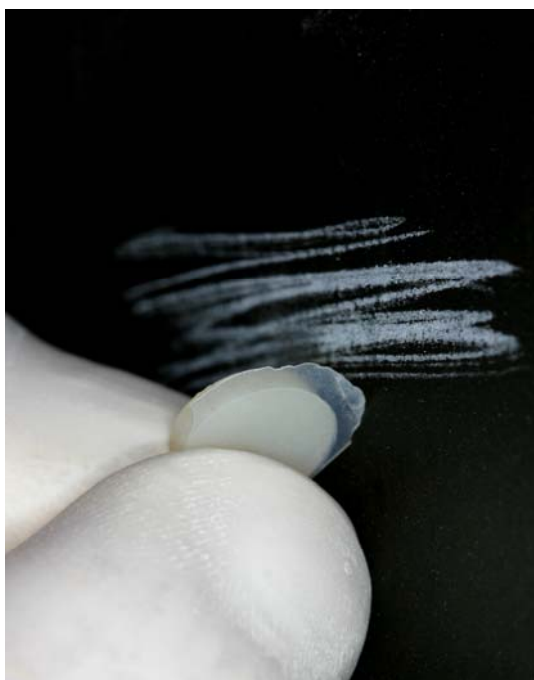


Figura 15 – Lixamento manual das saliências laterais dos corpos-de-prova



Figura 16 – Limpeza das amostras em água corrente

4.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA INICIAL (MI) DOS CORPOS-DE-PROVA

A massa dos corpos-de-prova, expressa em gramas (g), foi determinada através da balança eletrônica Bioprecisa, modelo FA 2104N (Ativa Química Com. de Prod. p/ Lab. Ltda., São Paulo, SP, Brasil) (FIG. 17) do laboratório de pesquisas do Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. Essa balança tem precisão de 0,0001g.

O processo de verificação da massa dos corpos-de-prova consistiu, inicialmente, na secagem das amostras com papel absorvente. A seguir, cada amostra foi posicionada individualmente na região central do prato da balança (FIG. 18) e, durante a pesagem, a porta de acesso ao interior da balança foi fechada para evitar interferência do meio externo (FIG. 19).



Figura 17 – Balança eletrônica utilizada para a determinação da massa dos corpos-de-prova



Figura 18 – Posicionamento da amostra na região central do prato da balança



Figura 19 – Pesagem do corpo-de-prova

Após o registro dos dados de acordo com a numeração de cada corpo-de-prova, a amostra foi removida da balança e novamente armazenada como foi descrito anteriormente. Em todos os momentos de manipulação dos corpos-de-prova foi utilizada uma pinça clínica para evitar o contato com as mãos, o que

poderia contaminá-los com oleosidade ou outras substâncias indesejáveis, capazes de interferir na pesagem das amostras devido à sensibilidade da balança.

Considerando a característica de expansão higroscópica inerente aos compósitos, durante o armazenamento em água deionizada, os corpos-de-prova foram pesados a cada intervalo de 24h, durante um tempo médio de 14 dias, até que demonstrassem um valor de massa constante em 3 dias consecutivos. A partir desses últimos 3 valores registrados foi calculada a média aritmética e determinada a MI dos corpos-de-prova (WANG et al., 2004).

4.3 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL INICIAL (RI) DOS CORPOS-DE-PROVA

A rugosidade superficial das amostras é determinada pela topografia (picos e vales) dos corpos-de-prova.

Para a leitura da RI das amostras dessa pesquisa, foi utilizado o rugosímetro de bancada Perthometer S8P (Mahr, Göttingen, Niedersachsen, Alemanha) (FIG. 20), do LASUS (Laboratório de Análises de Superfícies Usinadas) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Este aparelho possui alta sensibilidade e expressa quantitativamente a rugosidade superficial em micrometro (μm).



Figura 20 – Rugosímetro de bancada

4.3.1 Características das medições

4.3.1.1 Escolha do tipo de filtro e seleção do *cut-off*

Os movimentos verticais da sonda durante sua trajetória na leitura da rugosidade superficial são transformados em sinais elétricos por um transdutor e esses sinais são amplificados e filtrados para, posteriormente, serem convertidos em informação digital pelo computador acoplado ao rugosímetro. Os filtros são utilizados porque, geralmente, ocorre uma sobreposição dos desvios de forma, ondulação e rugosidade na leitura da textura de uma superfície. Sendo assim, é necessário

separá-los, para que sejam analisados somente os desvios desejados que, no caso dessa pesquisa, foram os de rugosidade. Para isso, foi utilizado um filtro digital do tipo Gaussiano que é disponibilizado pelo rugosímetro, onde foi isolada a passagem dos perfis de rugosidade (perfil R).

A principal característica de um filtro, é o seu comprimento de onda limite, também denominado *cut-off*, que estabelece um valor limite para os elementos geométricos do perfil. O *cut-off* selecionado para essa pesquisa foi de 0,25mm.

O valor adotado para a força e velocidade de medição foram 0,8mN e 0,15mm/s, respectivamente. O comprimento de avaliação foi de 1,25mm.

4.3.1.2 Seleção do parâmetro vertical de medição

Os parâmetros verticais fornecem informações sobre a ordem de grandeza das ordenadas do perfil (alturas). Um dos parâmetros verticais mais conhecido e aplicado em pesquisas da rugosidade superficial de compósitos é o desvio aritmético médio do perfil avaliado, também denominado como R_a .

De acordo com as normas ABNT 6405 e ISO 4287, R_a é definido como a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas Z do perfil de rugosidade dentro do comprimento de amostragem (FIG. 21).

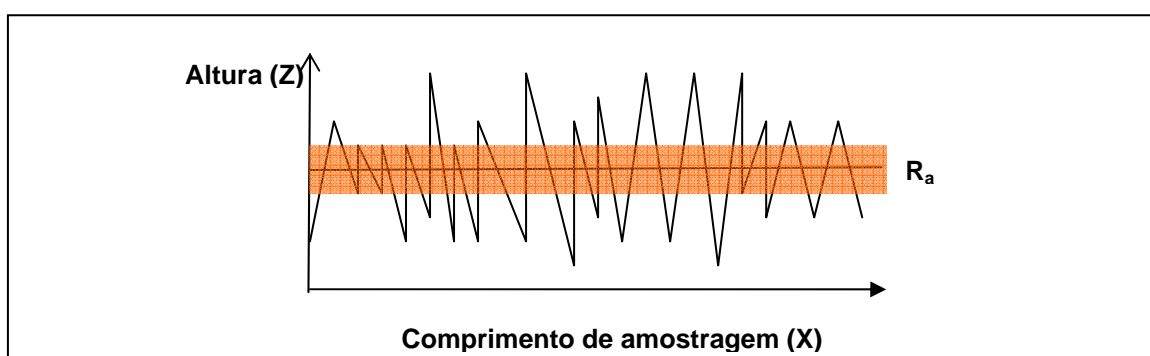


Figura 21 – Representação esquemática de R_a

O parâmetro R_a foi selecionado, a fim de possibilitar a comparação com estudos anteriores.

4.3.2 Calibração da sonda

A leitura da rugosidade superficial é realizada através de um apalpador, também chamado de sonda, que percorre a superfície das amostras seguindo uma trajetória linear, com velocidade constante e sofrendo movimentos verticais ocasionados por picos e vales encontrados em sua trajetória.

Uma sonda mecânica do tipo estilete com a ponta de diamante de raio de $5\mu\text{m}$, pertencente ao rugosímetro, foi utilizada nessa pesquisa para a mensuração da rugosidade superficial dos corpos-de-prova (FIG. 22).

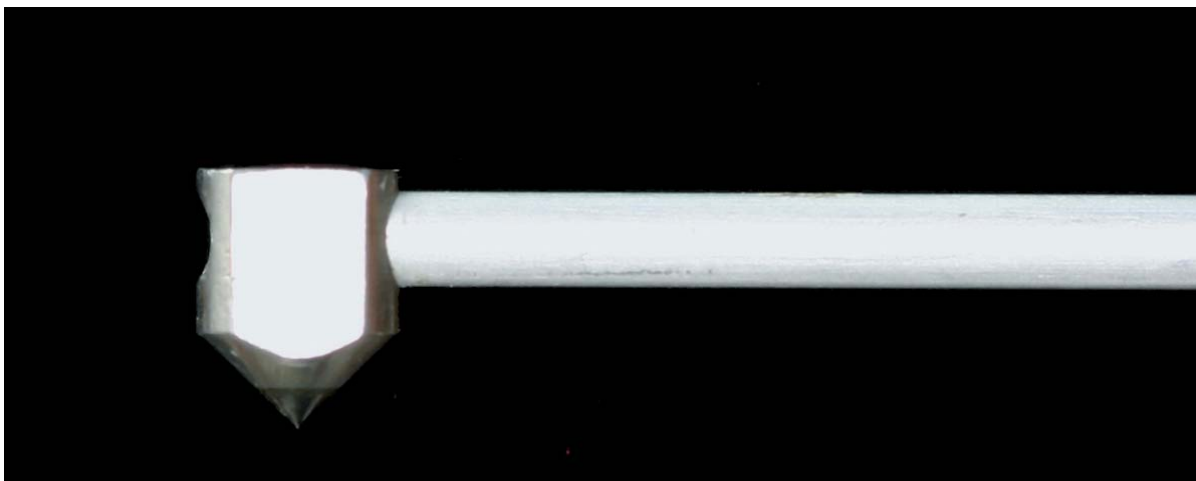


Figura 22 – Sonda mecânica do tipo estilete

Previamente às leituras, foi feita calibração da sonda através da aferição da rugosidade de um padrão pertencente ao rugosímetro para garantir a precisão do perfil R_a . Foi utilizado o padrão PGN3, que possui certificado de aferição e rastreabilidade emitido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), e foram feitos os ajustes necessários até a concordância entre a leitura de calibração e o padrão (FIG. 23).

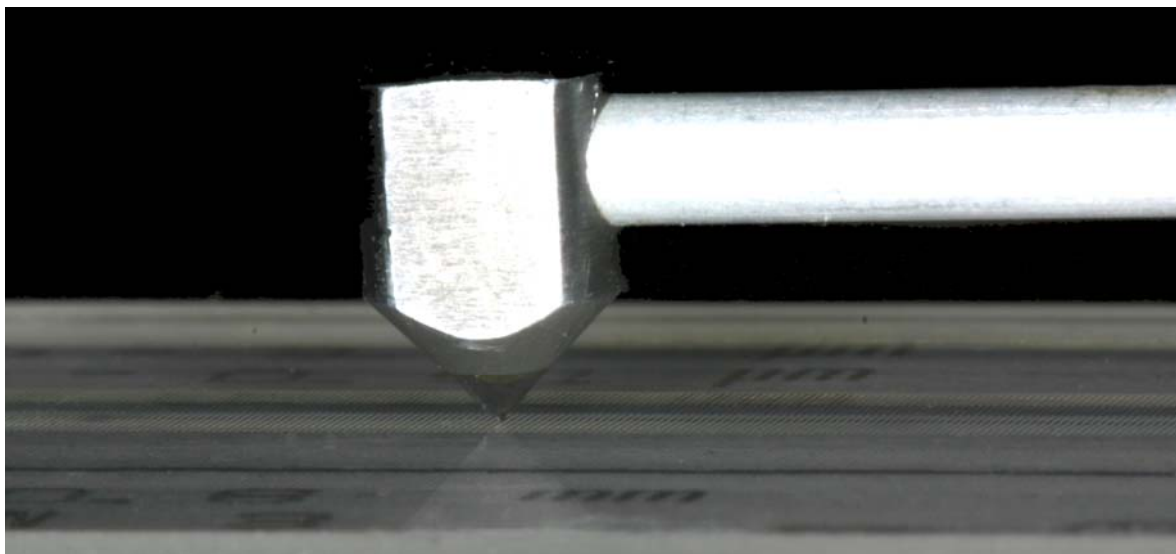


Figura 23 – Calibração da sonda mecânica com o padrão de rugosidade PGN3

4.3.3 Análise e registro da rugosidade superficial

Após a definição de todas as características das medições e calibração da sonda no rugosímetro, foram iniciadas as leituras da rugosidade superficial dos corpos-de-prova. Inicialmente, as amostras foram removidas do frasco de armazenamento (FIG. 24) e submetidas à secagem com papel absorvente (FIG. 25).



Figura 24 – Remoção da amostra do frasco de armazenamento



Figura 25 – Secagem do corpo-de-prova com papel absorvente

A seguir, uma pequena porção do silicone de adição Elite HD+ (Zhermack, Rovigo, RO, Itália), de consistência pesada, foi preparada e colocada na superfície de avaliação do rugosímetro. Antes da polimerização do material, o corpo-de-prova foi posicionado no interior da massa, deixando exposta somente a superfície de leitura da rugosidade superficial (FIG. 26). Essa manobra foi realizada com o intuito

de evitar o deslocamento das amostras durante a passagem da sonda de leitura em suas superfícies.

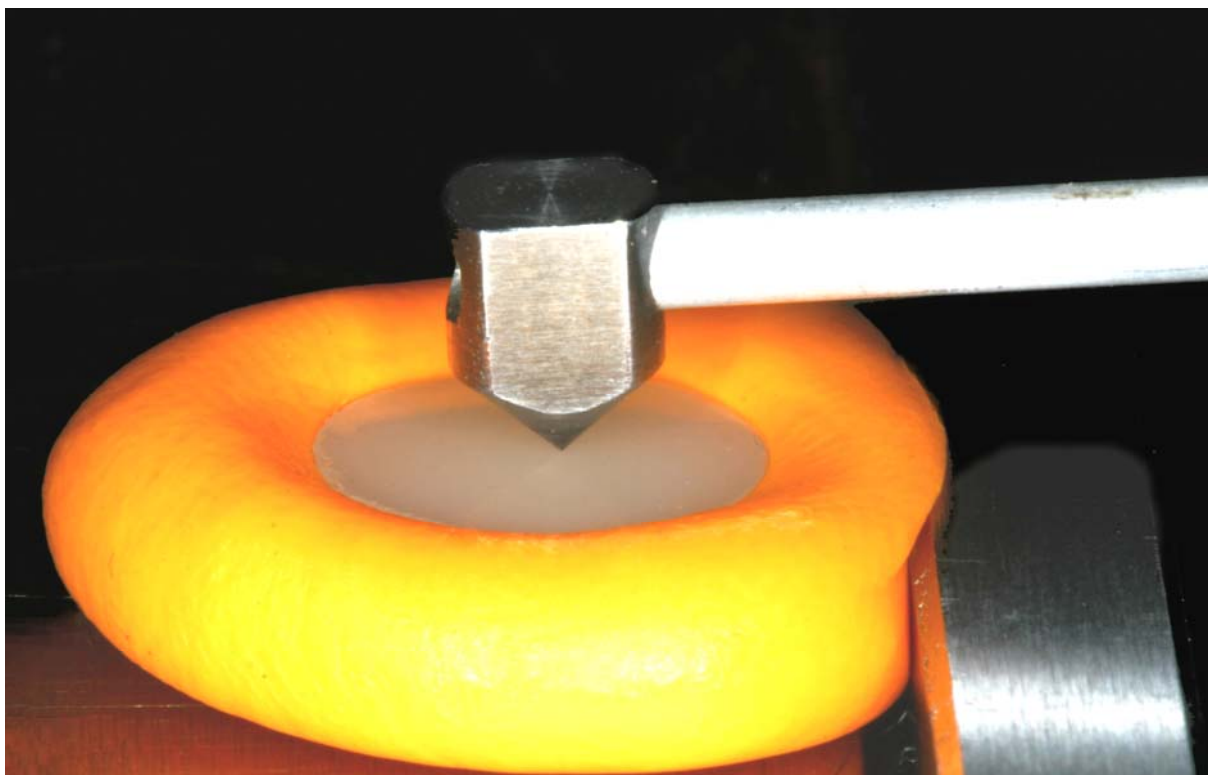


Figura 26 – Imobilização do corpo-de-prova com silicone de adição para a aferição da rugosidade superficial

A região central das amostras foi selecionada como local de medição da rugosidade superficial. No momento pré-escovação, a direção da trajetória do apalpador foi feita de forma aleatória, diferindo-se do momento pós-escovação, em que foi adotada uma direção perpendicular aos sulcos superficiais resultantes do teste abrasivo.

Foram realizadas 3 leituras em cada corpo-de-prova e os dados de medição da rugosidade superficial, expressos em μm , foram disponibilizados pelo programa de computador. A amostra foi removida do rugosímetro e novamente armazenada como foi descrito anteriormente. Assim como na pesagem, em todos os momentos de manipulação dos corpos-de-prova foi utilizada uma pinça clínica.

Após a verificação da rugosidade superficial de todas as amostras, os dados de leitura foram impressos e registrados de acordo com a numeração de cada corpo-de-prova. Posteriormente, foi calculada a média aritmética desses valores e determinada a RI dos corpos-de-prova.

4.4 TESTE ABRASIVO POR ESCOVAÇÃO SIMULADA

Para a realização dessa etapa da pesquisa foi utilizada a máquina de escovação simulada do laboratório de Engenharia Mecânica da UNITAU. Essa máquina é formada por uma base retangular, sobre a qual existem duas cubas cilíndricas que reservam a solução de água e dentifrício durante o teste de escovação e onde são parafusadas as matrizes utilizadas anteriormente para a confecção dos corpos-de-prova. Entre esses dois recipientes, está localizado um virabrequim com um sistema deslizante onde se fixam dois braços laterais de suporte que realizam um movimento em uma única direção e em dois sentidos (vai-e-vem). A extremidade desses braços possui um sistema de parafusos onde são fixadas as escovas dentais em direções opostas e na posição horizontal. Sobre as cabeças das duas escovas existem dispositivos cilíndricos ocos que servem de suporte para os pesos, que serão colocados de acordo com a carga estabelecida para o teste. Acoplado lateralmente a esse conjunto, está um conta-giros onde são determinados a velocidade e o número de ciclos que serão adotados na simulação da escovação (FIG. 27).

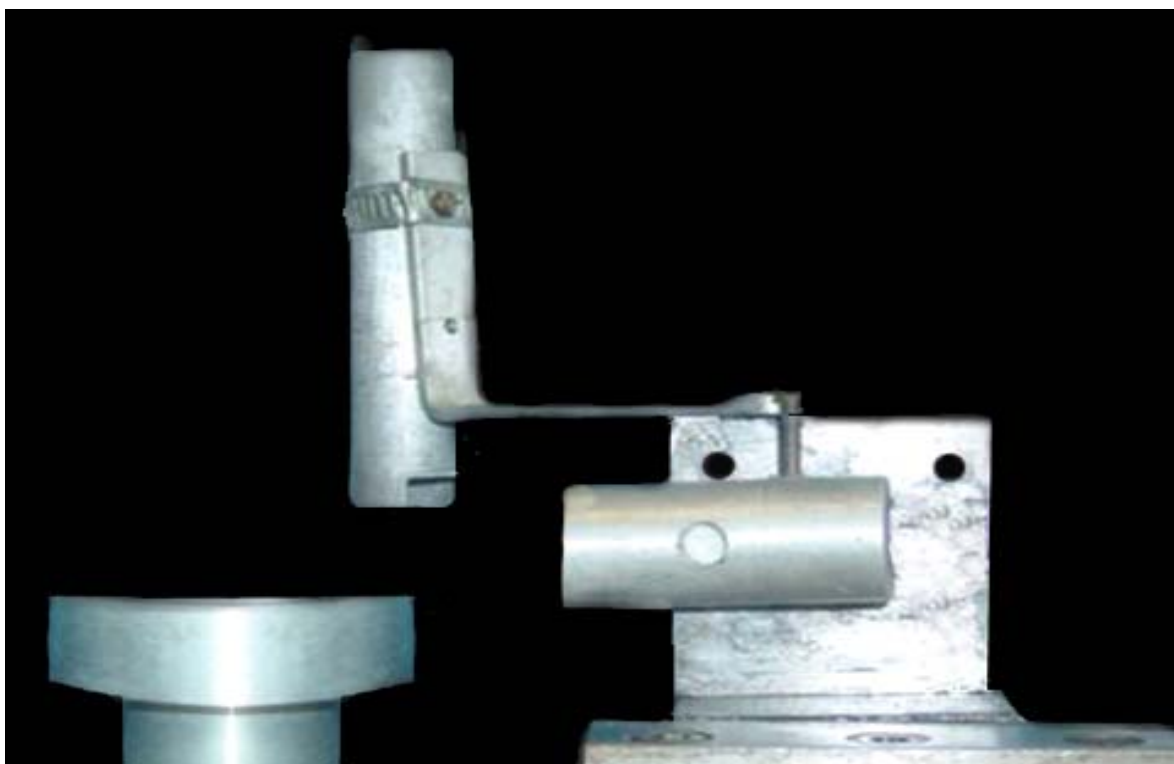


Figura 27 – Máquina de escovação simulada utilizada no teste de abrasão (fotografia gentilmente cedida pela Prof^a. Dr^a. Ana Paula Rosifini Alves da Universidade Estadual Paulista - UNESP)

Para a realização do teste, foram utilizadas escovas dentais Colgate Classic (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda., São Bernardo do Campo, SP, Brasil) de consistência macia, com 35 tufos planos, contendo 28 cerdas de nylon de ponta arredondada por tufo (FIG. 28). O posicionamento das cerdas foi ajustado perpendicularmente à superfície das amostras e sobre as escovas foi aplicado um peso de 200g (FIG. 29). A cada 25.000 ciclos, as escovas foram substituídas.



Figura 28 – Escovas dentais utilizadas no teste de abrasão

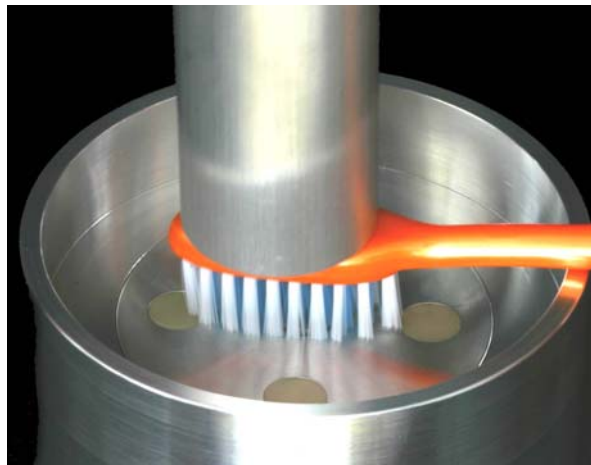


Figura 29 – Posicionamento das cerdas da escova dental na superfície dos corpos-de-prova

O creme dental utilizado foi o Colgate Máxima Proteção Anticáries (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda., São Bernardo do Campo, SP, Brasil), de média abrasividade (FIG. 30).



Figura 30 – Creme dental utilizado no teste de abrasão

De acordo com as especificações da ISO 1999, no teste de escovação simulada, o dentifrício deve ser misturado com água deionizada, na proporção de 1:2. Para isso, o dentifrício foi pesado (50g) em uma balança tríplice escala de precisão (Marte, São Paulo, SP, Brasil) (FIG. 31) e diluído com água deionizada (100ml) no interior de um becker graduado em ml (Vidrolabor, Poá, SP, Brasil) (FIG. 32 e 33).

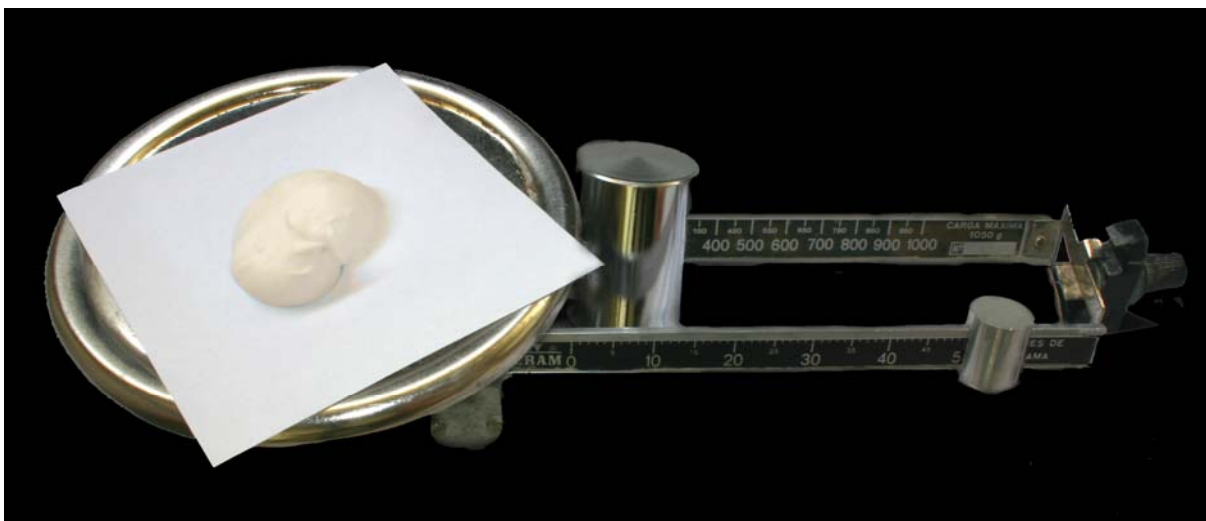


Figura 31 – Pesagem do dentifrício (50g)



Figura 32 – Becker com água deionizada (100ml)



Figura 33 – Preparo da solução para o teste de escovação

A solução deve ser preparada imediatamente antes de sua utilização e constantemente reposta durante o teste (FIG. 34).



Figura 34 – Solução recém-preparada para ser utilizada durante o teste de escovação

A velocidade de escovação foi de 374 ciclos/min. Cada amostra foi submetida a 50.000 ciclos de escovação. Foi considerado como um ciclo o movimento completo de vai-e-vem da escova dental.

4.5 LIMPEZA DOS CORPOS-DE-PROVA

Após o término dos ciclos de escovação, os corpos-de-prova foram apreendidos com uma pinça clínica e permaneceram sob água corrente por 2min (FIG. 35). Posteriormente, as amostras foram imersas em água deionizada e mantidas no aparelho de ultra-som Ultrasonic Cleaner 1440D (Odontobrás Ind. Com. Equip. Med. Odont. Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brasil) por 10min, para a remoção de resíduos e partículas abrasivas (FIG. 36). Em seguida, os corpos-de-prova foram novamente armazenados como descrito anteriormente.

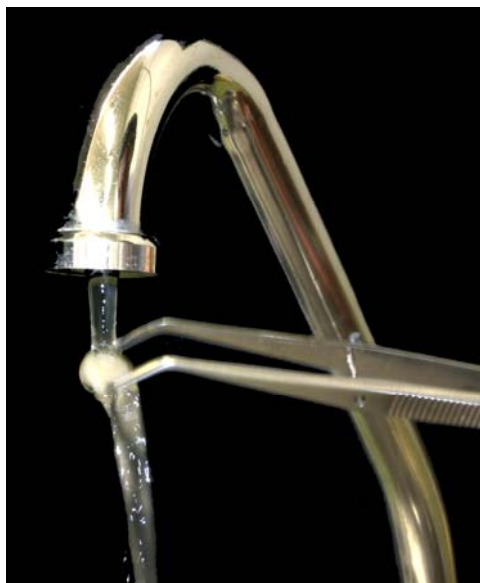


Figura 35 – Limpeza dos corpos-de-prova em água corrente



Figura 36 – Limpeza das amostras no aparelho de ultra-som

4.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA FINAL (MF) E RUGOSIDADE SUPERFICIAL FINAL (RF) DOS CORPOS-DE-PROVA

As médias finais de massa e rugosidade superficial foram obtidas da mesma forma do que as médias iniciais, descrita nos itens 4.2 e 4.3.

4.7 ALTERAÇÃO NA MASSA DOS CORPOS-DE-PROVA

A alteração na massa dos corpos-de-prova foi obtida através do cálculo da diferença entre as MF e MI. Entretanto, para facilitar a compreensão dos resultados, a alteração de massa foi convertida em porcentagem $(MF-MI/MIX100)$. Os dados foram tabulados e encaminhados para a análise estatística.

4.8 ALTERAÇÃO NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DOS CORPOS-DE-PROVA

A alteração na rugosidade superficial dos corpos-de-prova foi obtida através do cálculo da diferença entre as RF e RI e também foi convertida em porcentagem ($RF-RI/RIX100$). Os dados foram tabulados e encaminhados para a análise estatística.

4.9 OBSERVAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura Philips, modelo XL 30 (Philips Medical Systems, Eindhoven, Holanda) do LABMAT (Laboratório de Materiais) do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSC, para as observações das imagens ampliadas de alguns corpos-de-prova dessa pesquisa. Este procedimento foi realizado com finalidade ilustrativa.

Foi selecionado aleatoriamente um corpo-de-prova de cada grupo. As amostras escolhidas foram fixadas em *stubs* metálicos com fita adesiva dupla-face, metalizadas com partículas de ouro e encaminhadas para a observação em 100X. As fotomicrografias foram registradas em CD.

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Considerando os tempos pré e pós-escovação simulada, através do teste *t* pareado, as médias iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial de cada compósito foram comparadas estatisticamente. As alterações de massa e de rugosidade superficial dos 10 compósitos, expressas em porcentagem, foram verificadas estatisticamente através da análise de variância a um critério (ANOVA) e as comparações múltiplas entre os grupos, foram obtidas através do teste de Scheffé. A análise de correlação entre as alterações de massa e de rugosidade

superficial foi realizada através do teste de correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram realizadas com nível de significância de 5%.

Resultados

5 RESULTADOS

5.1 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE MASSA

As médias de massa, expressas em gramas (g), obtidas para cada resina composta nos momentos iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) dessa pesquisa foram analisadas estatisticamente através do teste *t* pareado, com nível de significância de 5% (TAB. 1).

Tabela 1 – Médias iniciais, finais, desvios-padrões de massa das resinas compostas avaliadas e valores de *t* e *p* obtidos na análise estatística

Resina composta	MI (dp)	MF (dp)	<i>t</i>	<i>p</i>
CH	0,2506 (0,0023)	0,2444 (0,0022)	80,19	<i>p</i> < 0,0001
EX	0,2527 (0,0043)	0,2296 (0,0042)	469,11	<i>p</i> < 0,0001
FM	0,2491 (0,0029)	0,2415 (0,0029)	123,07	<i>p</i> < 0,0001
HE	0,2487 (0,0043)	0,2422 (0,0043)	63,28	<i>p</i> < 0,0001
OP	0,2481 (0,0035)	0,2452 (0,0035)	57,51	<i>p</i> < 0,0001
SU	0,2481 (0,0036)	0,2346 (0,0036)	209,53	<i>p</i> < 0,0001
TC	0,2492 (0,0036)	0,2438 (0,0037)	31,39	<i>p</i> < 0,0001
TN	0,2511 (0,0032)	0,2388 (0,0033)	279,38	<i>p</i> < 0,0001
Z1	0,2475 (0,0028)	0,2430 (0,0028)	60,99	<i>p</i> < 0,0001
Z2	0,2498 (0,0090)	0,2468 (0,0091)	47,07	<i>p</i> < 0,0001

Os resultados do teste *t* pareado apresentaram valores positivos para *t*, o que indica que MI > MF, e revelaram diferenças estatisticamente significantes entre MI e MF para todos os compósitos (*p* < 0,05). O GRÁF. 1 ilustra as médias iniciais e finais de massa para cada resina composta.

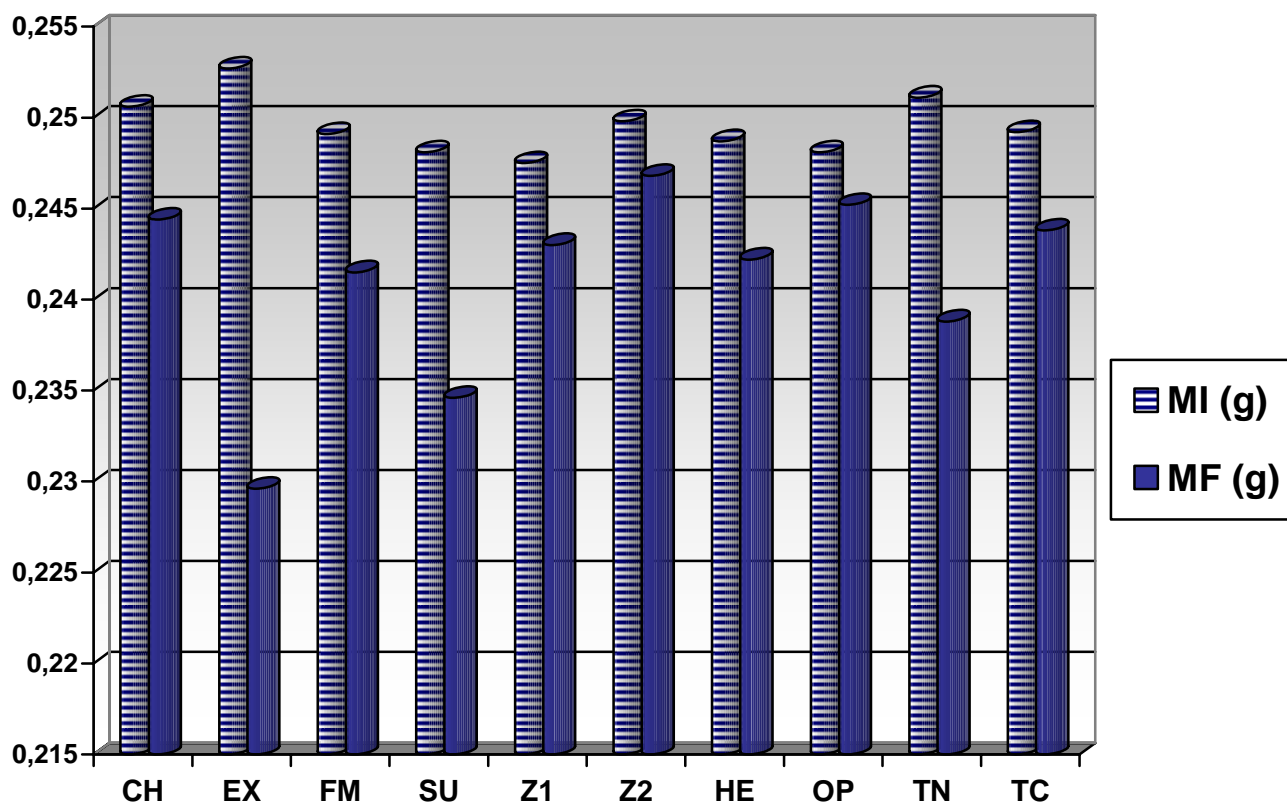


Gráfico 1 – Médias iniciais e finais de massa em gramas de cada resina composta avaliada

As porcentagens das alterações na massa dos corpos-de-prova submetidos ao teste de escovação simulada representadas por valores negativos confirmam a perda de massa dos compósitos reveladas no teste *t* pareado. Essas alterações, expressas em porcentagem, foram verificadas estatisticamente através da análise de variância a um critério (ANOVA) e as comparações múltiplas entre os 10 grupos, foram obtidas através do teste de Scheffé, ambos com nível de significância de 5% (TAB. 2).

Tabela 2 – Porcentagens das alterações na massa das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e resultados da análise estatística de ANOVA e do teste de Scheffé

Resina composta	Porcentagem das alterações na massa (dp)	ANOVA	Agrupamento através do teste de Scheffé*
OP	- 1,15 (0,06)		A
Z2	- 1,18 (0,10)		A
Z1	- 1,85 (0,09)		B
TC	- 2,14 (0,20)	F = 3871,67 (p < 0,0001)	C
CH	- 2,49 (0,08)		D
HE	- 2,63 (0,13)		D
FM	- 3,06 (0,07)		E
TN	- 4,90 (0,08)		F
SU	- 5,47 (0,11)		G
EX	- 9,12 (0,14)		H

* Não existe diferença estatisticamente significante entre os valores com a mesma letra (p<0,05)

De acordo com o teste ANOVA, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p<0,05). Através do teste de Scheffé, foi verificado que a maioria dos compósitos avaliados apresentou diferenças estatisticamente significantes entre as porcentagens de alterações na massa, com exceção de OP e Z2, bem como CH e HE, que foram semelhantes. Essas análises estatísticas possibilitaram classificar os compósitos testados em ordem crescente de resistência à abrasão, considerando as alterações na massa, da seguinte maneira: (OP=Z2)>Z1>TC>(CH=HE)>FM>TN>SU>EX (GRÁF. 2).

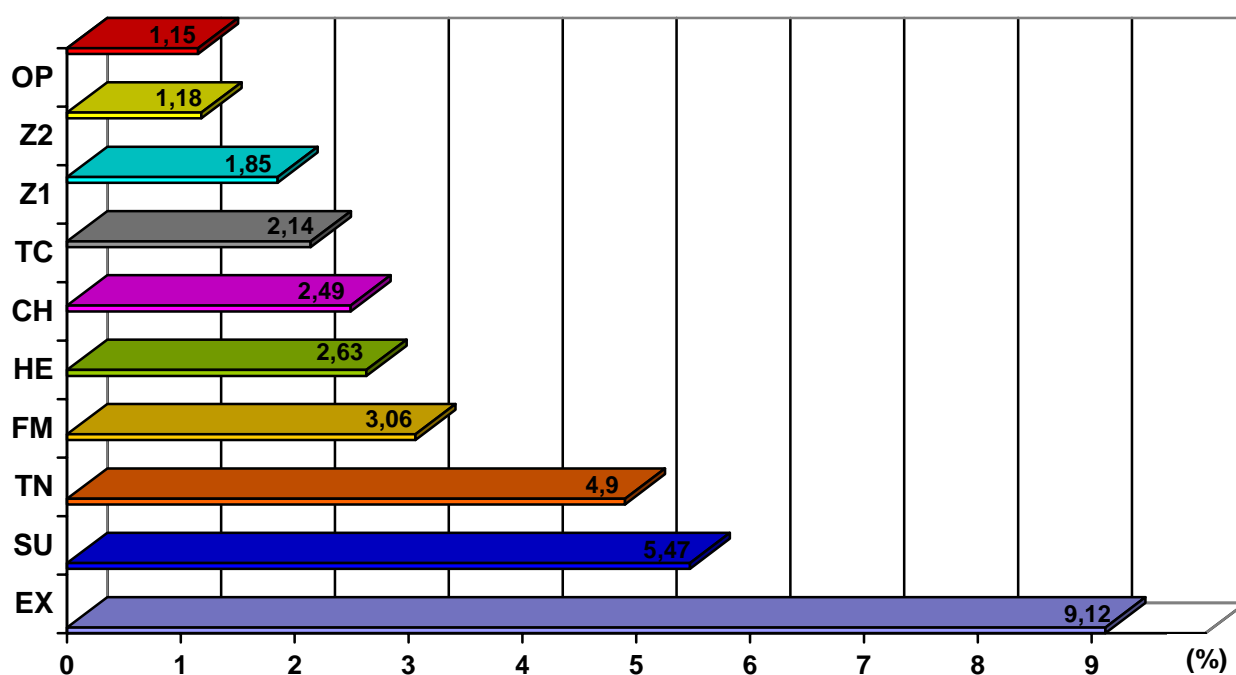


Gráfico 2 – Porcentagens das alterações na massa de cada resina composta avaliada

5.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

As médias de rugosidade superficial, expressas em micrometros (μm), obtidas para cada resina composta nos momentos iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) dessa pesquisa foram analisadas estatisticamente através do teste *t* pareado, com nível de significância de 5% (TAB. 3).

Tabela 3 – Médias iniciais, finais, desvios-padrões de rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas e valores de t e p obtidos na análise estatística

Resina composta	RI (dp)	RF (dp)	t	p
CH	0,22 (0,01)	0,98 (0,02)	- 136,43	$p < 0,0001$
EX	0,12 (0,01)	0,24 (0,02)	- 22,45	$p < 0,0001$
FM	0,13 (0,01)	0,61 (0,02)	- 49,57	$p < 0,0001$
SU	0,10 (0,02)	0,38 (0,02)	- 48,89	$p < 0,0001$
Z1	0,10 (0,01)	0,60 (0,01)	- 199,06	$p < 0,0001$
Z2	0,11 (0,02)	0,58 (0,02)	- 75,79	$p < 0,0001$
HE	0,16 (0,01)	0,61 (0,02)	- 97,22	$p < 0,0001$
OP	0,07 (0,01)	0,34 (0,02)	- 55,49	$p < 0,0001$
TN	0,11 (0,01)	0,67 (0,04)	- 45,45	$p < 0,0001$
TC	0,20 (0,01)	0,86 (0,02)	- 93,11	$p < 0,0001$

Os resultados do teste t pareado apresentaram valores negativos para t , o que indica que $RI < RF$, e revelaram diferenças estatisticamente significantes entre RI e RF para todos os compósitos ($p < 0,05$). O GRÁF. 3 ilustra as médias iniciais e finais de rugosidade superficial para cada resina composta. As FIG. 37 a 56 ilustram as fotomicrografias obtidas em MEV nos momentos pré e pós-escovação simulada de cada compósito

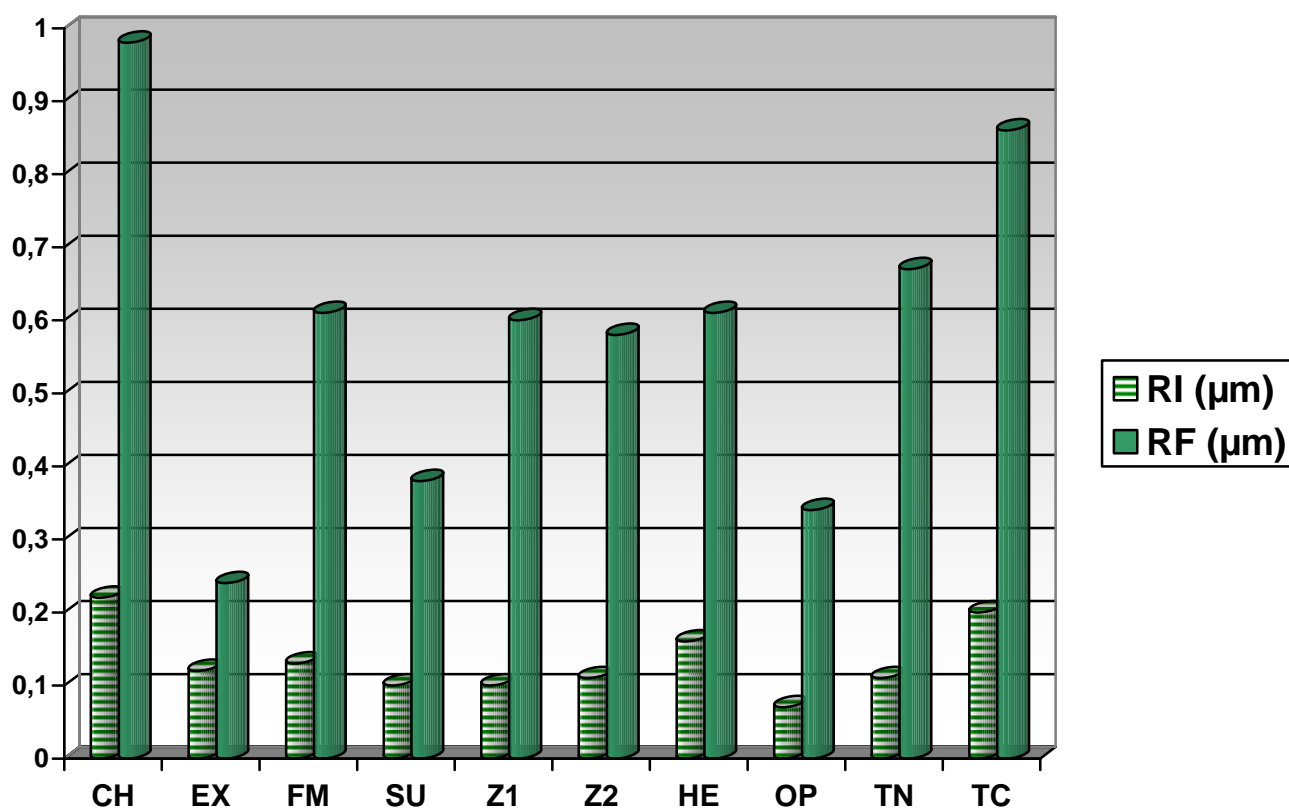


Gráfico 3 – Médias iniciais e finais na rugosidade superficial (μm) de cada resina composta avaliada

As porcentagens das alterações na rugosidade superficial dos corpos-de-prova submetidos ao teste de escovação simulada representadas por valores positivos confirmam o aumento da rugosidade superficial dos compósitos reveladas no teste *t* pareado. Essas alterações, expressas em porcentagem, foram verificadas estatisticamente através da análise de variância a um critério (ANOVA) e as comparações múltiplas entre os 10 grupos, foram obtidas através do teste de Scheffé, ambos com nível de significância de 5% (TAB. 4).

Tabela 4 – Porcentagens das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e resultados da análise estatística de ANOVA e do teste de Scheffé

Resina composta	Porcentagem das alterações na rugosidade superficial (dp)	ANOVA	Agrupamento através do teste de Scheffé*		
EX	104,87 (16)		A		
HE	277,94 (20)		B		
SU	279,99 (53)		B		
TC	323,63 (25)	F = 39,11 (p < 0,0001)	B	C	
CH	347,49 (18)		B	C	
FM	393,89 (59)		B	C	
OP	408,08 (72)			C	D
Z2	462 (73)				D
TN	503,29 (86)			D	
Z1	505,42 (70)			D	

* Não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores com a mesma letra (p<0,05)

De acordo com o teste ANOVA, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p<0,05). Através do teste de Scheffé, foi verificado que se formaram 4 blocos distintos com diferenças estatisticamente significantes entre as porcentagens de alterações na rugosidade superficial: A (EX), B (HE, SU, TC, CH, FM), C (TC, CH, FM, OP) e D (OP, Z2, TN, Z1). Essas análises estatísticas possibilitaram classificar os compósitos testados em ordem crescente de resistência à abrasão, considerando as alterações na rugosidade superficial, da seguinte maneira: EX>(HE=SU=TC=CH=FM)>(TC=CH=FM=OP)>(OP=Z2=TN=Z1) (GRÁF. 4).

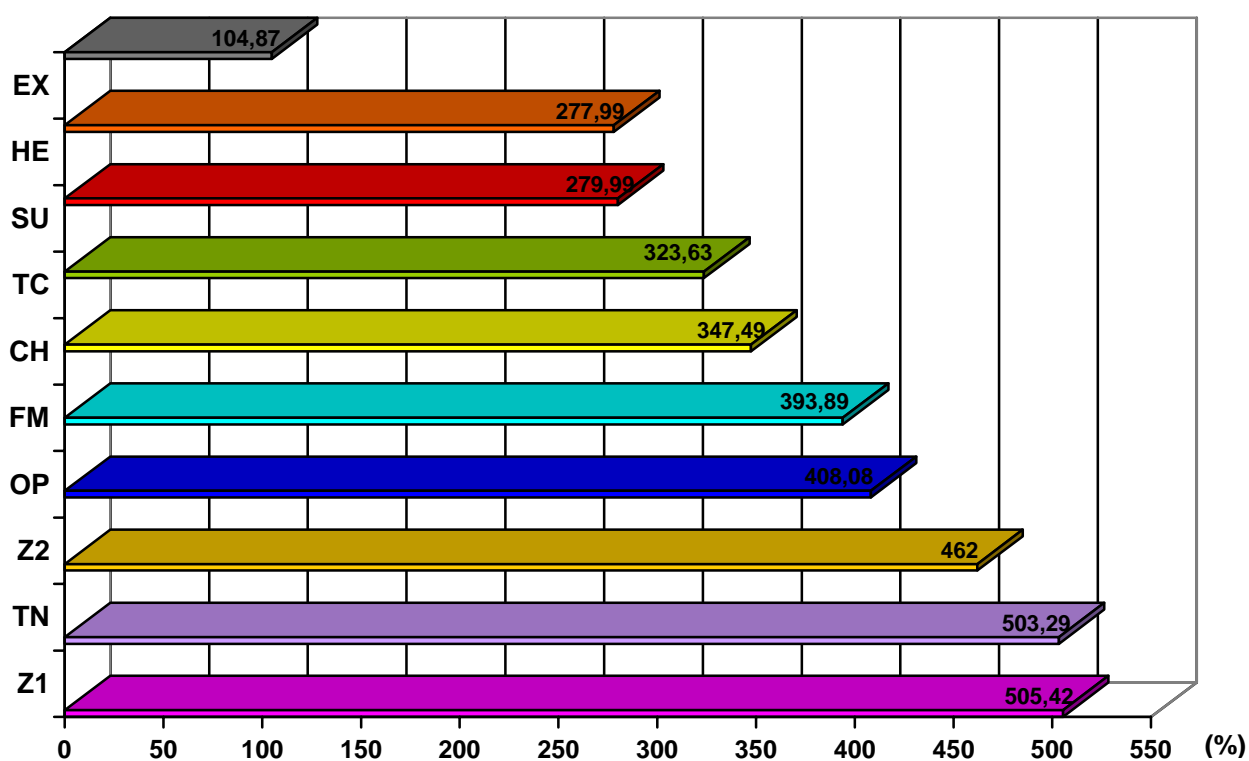


Gráfico 4 – Porcentagens das alterações na rugosidade superficial de cada resina composta avaliada

5.3 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA AO DESGASTE

Para investigar a possibilidade de correlação entre as análises das alterações na massa e na rugosidade superficial dos compósitos submetidos ao teste abrasivo de escovação simulada foi aplicado o teste de correlação de Pearson, com nível de significância de 5% (TAB. 5).

Tabela 5 – Porcentagens das alterações na massa, na rugosidade superficial, desvios-padrões das resinas compostas avaliadas e resultados da correlação de Pearson

Resina composta	Porcentagem de alteração na massa (dp)	Porcentagem de alteração na rugosidade superficial (dp)	<i>r</i>	<i>p</i>
CH	– 2,49 (0,08)	347,49 (18)	0,44	<i>p</i> = 0,2808
EX	– 9,12 (0,14)	104,87 (16)	0,27	<i>p</i> = 0,5115
FM	– 3,06 (0,07)	393,89 (59)	0,15	<i>p</i> = 0,7297
SU	– 2,63 (0,13)	277,94 (20)	0,52	<i>p</i> = 0,1901
Z1	– 1,15 (0,06)	408,08 (72)	0,44	<i>p</i> = 0,2705
Z2	– 5,47 (0,11)	279,99 (53)	0,13	<i>p</i> = 0,7595
HE	– 2,14 (0,20)	323,63 (25)	0,19	<i>p</i> = 0,6582
OP	– 4,90 (0,08)	503,29 (86)	0,30	<i>p</i> = 0,4644
TN	– 1,85 (0,09)	505,42 (70)	0,45	<i>p</i> = 0,2626
TC	– 1,18 (0,10)	462 (73)	0,17	<i>p</i> = 0,6824

De acordo com a análise estatística através do teste de correlação de Pearson, os métodos de avaliação de resistência ao desgaste não possuem correlação ($p > 0,05$).

5.4 ILUSTRAÇÃO QUALITATIVA COM FOTOMICROGRAFIAS DAS SUPERFÍCIES DAS RESINAS COMPOSTAS

As superfícies das resinas compostas observadas em MEV nos momentos pré e pós-escovação simulada estão dispostas nas fotomicrografias (FIG. 37 a 56).

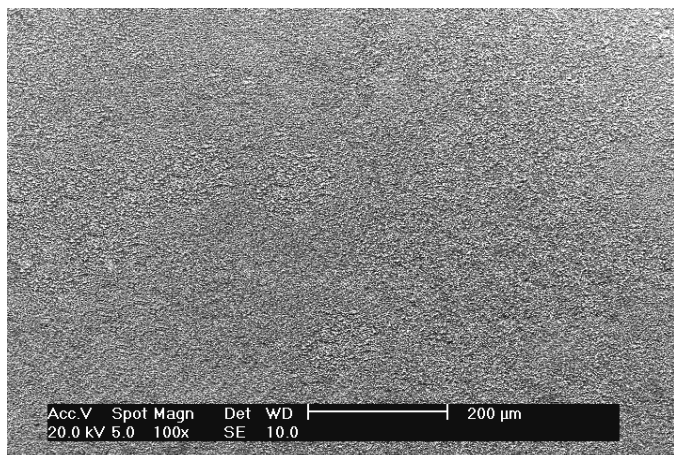


Figura 37 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina CH pré-escovação simulada

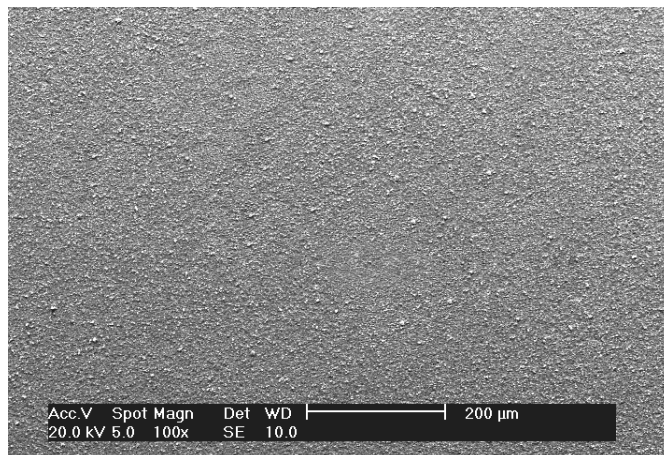


Figura 38 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina CH pós-escovação simulada

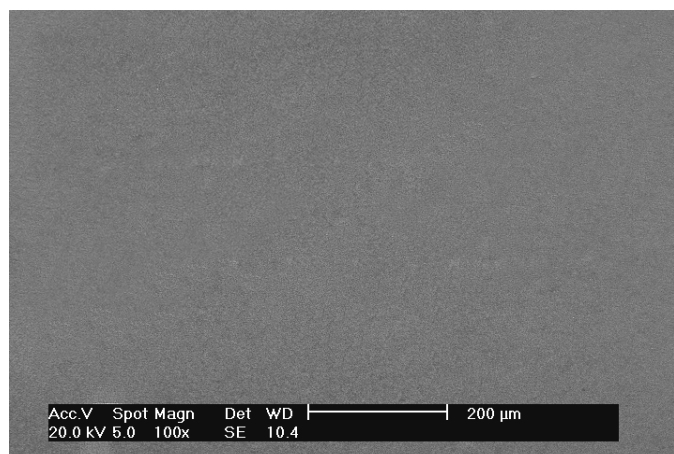


Figura 39 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina EX pré-escovação simulada

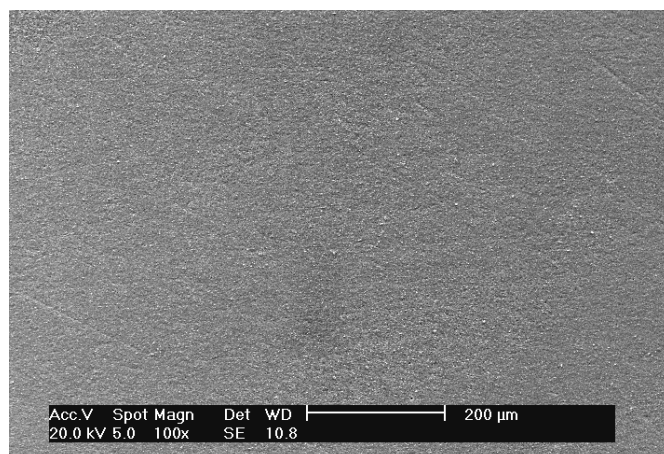


Figura 40 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina EX pós-escovação simulada

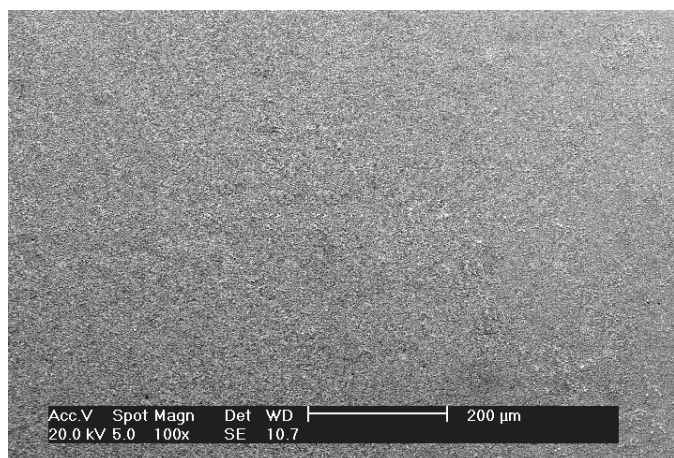


Figura 41 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina FM pré-escovação simulada

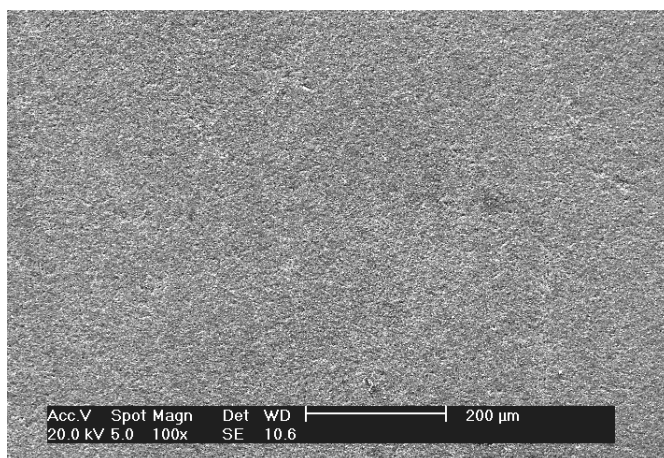


Figura 42 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina FM pós-escovação simulada

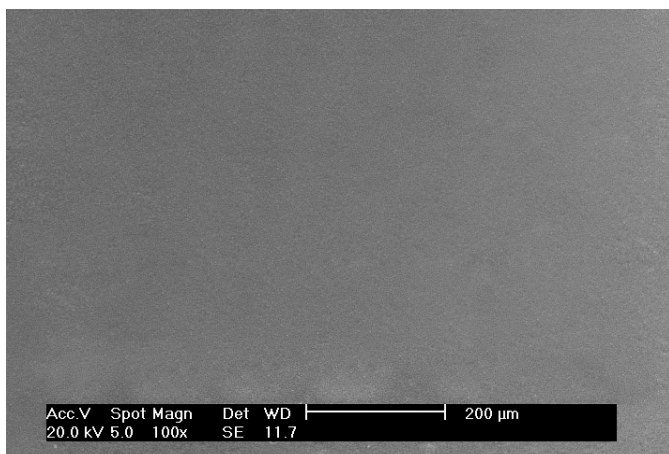


Figura 43 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina SU pré-escovação simulada

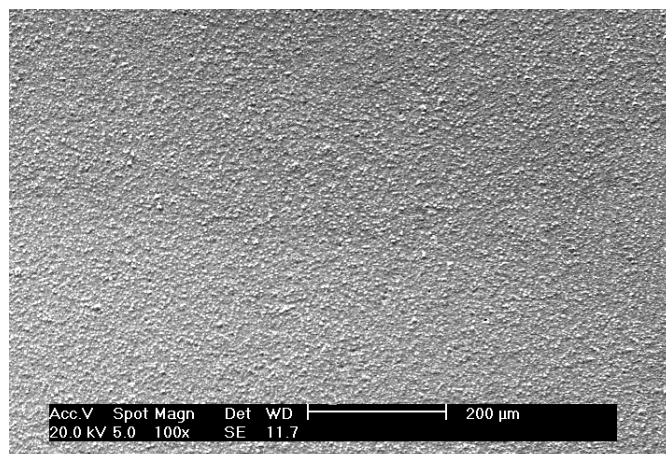


Figura 44 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina SU pós-escovação simulada

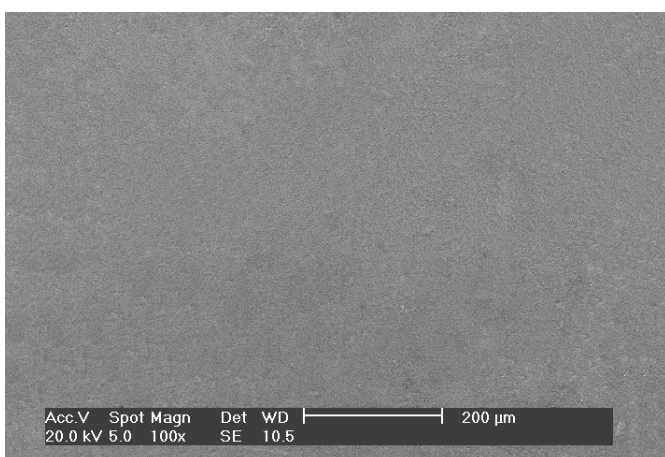


Figura 45 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z1 pré-escovação simulada

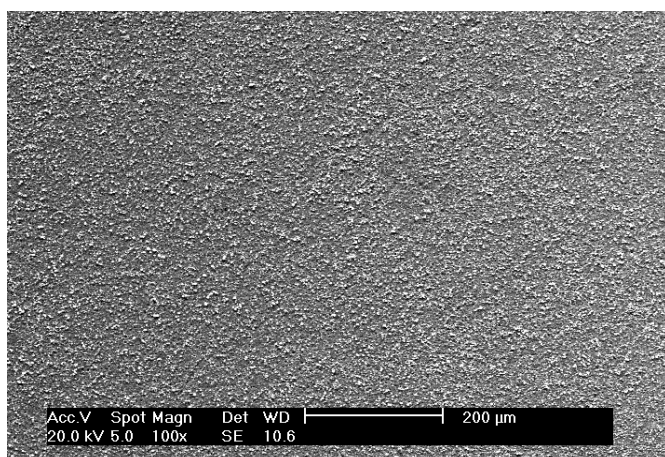


Figura 46 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z1 pós-escovação simulada

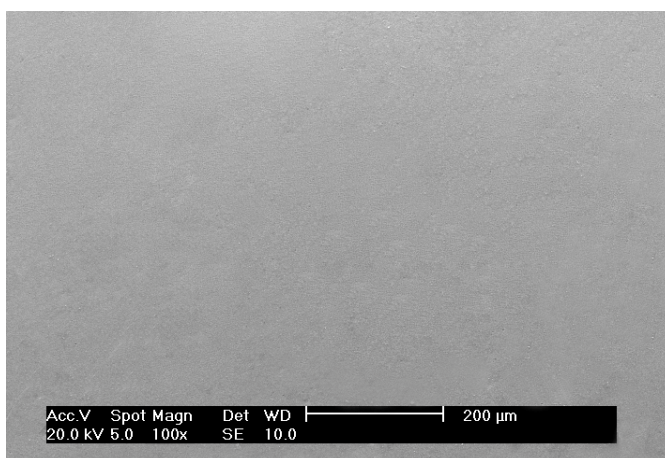


Figura 47 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z2 pré-escovação simulada

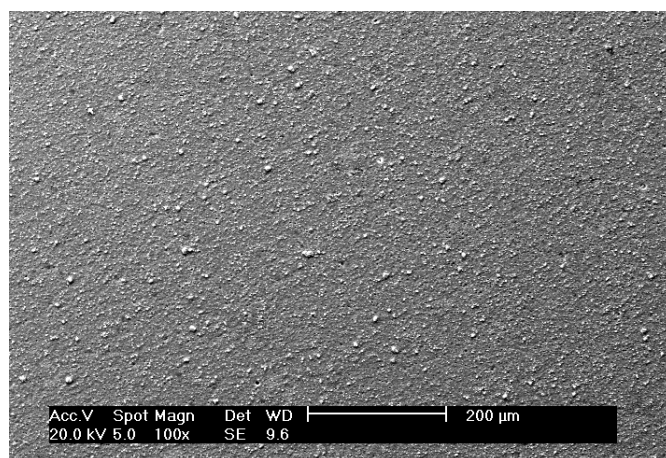


Figura 48 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina Z2 pós-escovação simulada

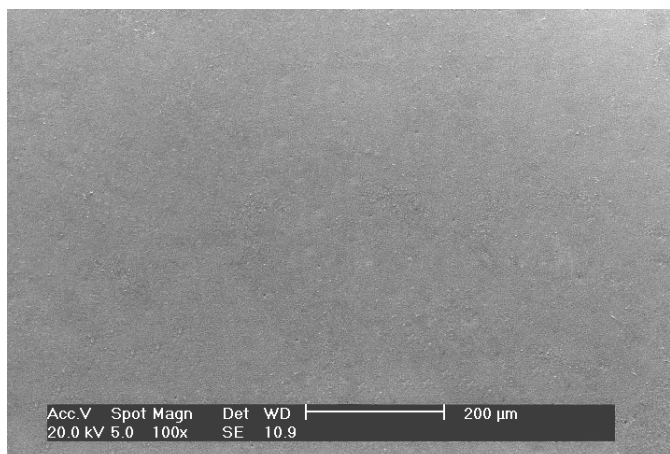


Figura 49 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina HE pré-escovação simulada

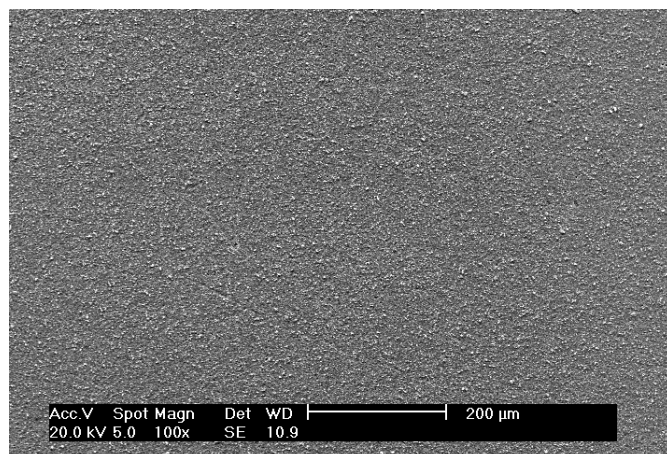


Figura 50 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina HE pós-escovação simulada

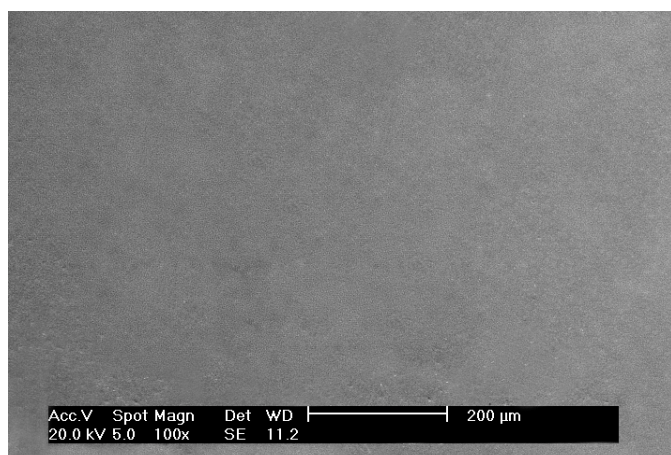


Figura 51 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina OP pré-escovação simulada

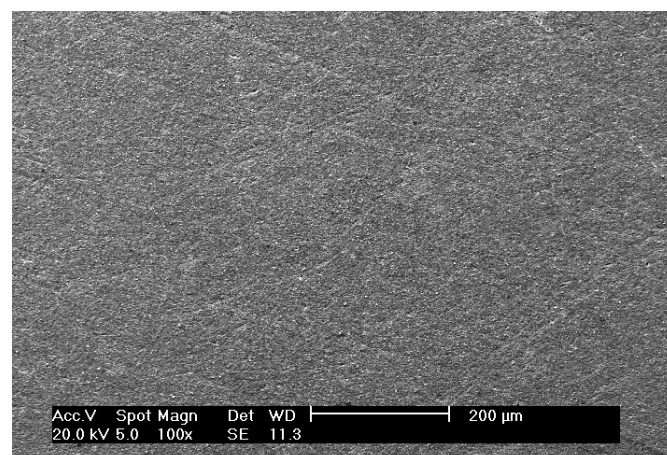


Figura 52 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina OP pós-escovação simulada

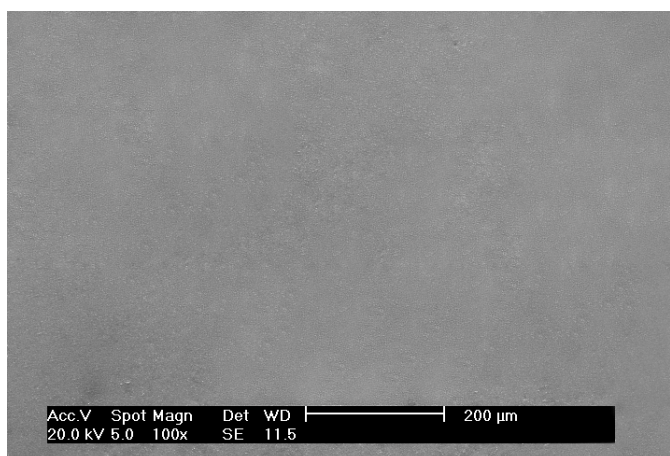


Figura 53 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TN pré-escovação simulada

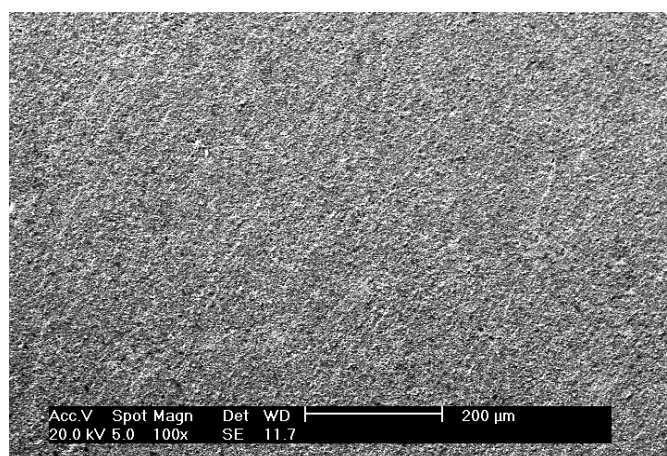


Figura 54 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TN pós-escovação simulada

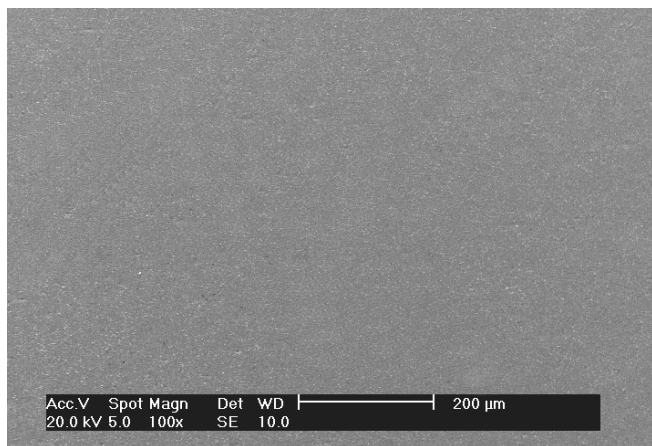


Figura 55 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TC pré-escovação simulada

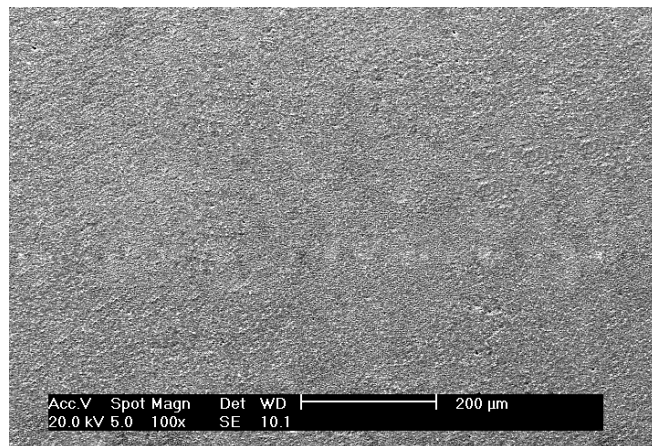


Figura 56 - Fotomicrografia com 100X de aumento da superfície da resina TC pós-escovação simulada



Discussão

6 DISCUSSÃO

A significância clínica do desgaste das resinas compostas é atribuída, principalmente, às restrições funcionais e ao comprometimento da aparência estética das restaurações. Sabendo que, pesquisas *in vivo* são de alto custo, difíceis de executar e consomem muito tempo, atualmente, muitas pesquisas *in vitro* têm sido desenvolvidas para a avaliação da resistência ao desgaste dos materiais restauradores através de métodos e máquinas de simulação de desgaste (WANG et al., 2004; HEINTZE, 2006).

Um dos métodos aplicados em pesquisas laboratoriais para a promoção do desgaste abrasivo de materiais restauradores é a escovação simulada. De acordo com alguns autores, 20.000 ciclos de escovação simulada correspondem a um período médio de 2 anos de escovação, *in vivo* (AKER, 1982; GOLDSTEIN; LERNER, 1991). Embora esses métodos de pesquisa laboratoriais não englobem todas as situações de desgastes intrabucais, são de grande valia e permitem a obtenção de resultados comparáveis sobre a resistência ao desgaste abrasivo de materiais restauradores (HEATH; WILSON, 1976; WAKAMATSU; KAKUTA; OGURA, 2003; YAP et al., 2005).

No presente estudo, 10 resinas compostas universais foram submetidas a 50.000 ciclos de escovação simulada. A resistência ao desgaste abrasivo foi avaliada através de duas análises distintas. Uma delas, obtida pela pesagem das amostras nos momentos pré e pós-escovação simulada, possibilitou a análise das alterações de massa das resinas compostas. A outra, se referiu à avaliação da resistência ao desgaste através da análise das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas submetidas à escovação simulada.

Todas as resinas compostas universais avaliadas nesta pesquisa apresentaram perda significativa de massa após a escovação simulada. Esses resultados podem ser explicados pelo desgaste da matriz orgânica e deslocamento das partículas inorgânicas decorrentes das forças abrasivas de escovação. Outros estudos que avaliaram a resistência a abrasão de resinas compostas condensáveis

(WANG et al., 2004), fluidas (SABBAGH et al., 2004), nanoparticuladas (LEE et al., 2005; PENTEADO, 2006) e compômeros (MONDELLI et al., 2005) também observaram a perda de massa desses materiais após a escovação simulada, semelhante ao ocorrido nessa pesquisa.

A perda de massa das resinas compostas submetidas à escovação simulada pode ser considerada uma consequência previsível, visto que, até o esmalte dental está sujeito ao desgaste por forças abrasivas de escovação (MILLER, 1907; GÖHRING; BESEK; SCHMIDLIN, 2002). Entretanto, as resinas compostas avaliadas na presente pesquisa, foram submetidas a 50.000 ciclos de escovação simulada, que correspondem a aproximadamente 5 anos de escovação, *in vivo*, e, nesse período, é inaceitável que as resinas compostas apresentem resultados significativos de desgaste em decorrência de forças abrasivas.

Idealmente, o desgaste dos materiais restauradores deveria ser similar ao do esmalte que, em áreas de contato oclusal, corresponde a 29µm/ano em molares e 15µm/ano em pré-molares (LAMBRECHTS et al., 1989). Até o momento, entretanto, essa propriedade é atribuída somente aos materiais cerâmicos e à algumas ligas metálicas (HEINTZE, 2006).

Houve uma variação de 1,15% a 9,12% na perda de massa das resinas compostas submetidas à escovação simulada nesse estudo e, além disso, diferenças estatisticamente significante entre elas foram observadas. As resinas compostas universais OP (1,15%), Z2 (1,18%), Z1 (1,85%), TC (2,14%), CH (2,49%) e HE (2,63%) apresentaram os menores índices de perda de massa, sendo que OP e Z2, bem como CH e HE, não diferiram estatisticamente. Por outro lado, FM (3,06%), TN (4,90%), SU (5,47%) e EX (9,12%) foram as resinas compostas que mais desgastaram.

A resistência à abrasão das resinas compostas, assim como outras propriedades mecânicas, está diretamente relacionada com a composição da matriz orgânica (KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001). Dentre os monômeros que a compõem, quanto maior a quantidade de BisGMA na matriz orgânica da resina composta, menor é a sua resistência ao desgaste (SÖDERHOLM

et al., 2001). Por outro lado, de acordo com o aumento dos monômeros UEDMA e TEGDMA na composição desses materiais, maior é a resistência ao desgaste (KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001). Considerando essas afirmações, esperou-se encontrar nos dados fornecidos pelos fabricantes dos materiais avaliados, que o monômero BisGMA estivesse presente na composição da matriz orgânica das resinas compostas que mais desgastaram. Entretanto, esse monômero nem sequer fazia parte da composição da matriz orgânica da resina composta que apresentou a menor resistência ao desgaste abrasivo (EX=9,12%) e, também contraditoriamente, está presente na composição do material mais resistente (OP=1,15%) (QUADRO 2).

Outros estudos têm relacionado a resistência à abrasão com a composição inorgânica das resinas compostas. Alguns consideram a influência do tamanho (LI et al.; 1985; MARTINELLI et al.; 2006) e, outros da morfologia das partículas inorgânicas (SUZUKI et al., 1995; SABBAGH et al., 2004; TURSSI; FERRACANE; VOGEL, 2005) na resistência ao desgaste abrasivo. Entretanto, parece consenso, que a resistência ao desgaste abrasivo esteja diretamente relacionada com o conteúdo de carga inorgânica (LI et al.; 1985; JAARDA; WANG; LANG, 1997; MANHART et al., 2000; LIM et al., 2002). De acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes, as resinas compostas universais avaliadas nesse estudo possuem conteúdos de carga semelhantes (QUADRO 2) e parece não haver relação entre a resistência à abrasão e as mínimas diferenças dos conteúdos de carga desses materiais.

A resistência ao desgaste abrasivo das resinas compostas universais também foi avaliada, no presente estudo, através da análise das alterações na rugosidade superficial desses materiais, devido a importância dessa característica. O limiar de rugosidade superficial dos materiais restauradores, considerando o controle da formação de biofilmes bacterianos, é de $0,20\mu\text{m}$. Superfícies com rugosidade superficial acima desse limiar facilitam o acúmulo de placa, elevando, conseqüentemente, o risco de ocorrência de cárie e inflamação periodontal (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997; TEUGHELS et al., 2006). Evidências científicas comprovam que a rugosidade superficial elevada de restaurações confeccionadas com resina composta, comparadas à do esmalte dental e à dos

outros materiais restauradores, como amálgama e cerâmicas, facilitam o acúmulo de placa bacteriana (LINDQUIST; EMILSON, 1990; BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997; TEUGHELIS et al., 2006).

A rugosidade superficial também está diretamente relacionada com o manchamento e o brilho das restaurações de resinas compostas. De acordo com o aumento da rugosidade, ocorre o aumento da susceptibilidade das restaurações de resina composta ao manchamento superficial (LU et al., 2005) e por outro lado, existe uma relação inversa da rugosidade com o brilho das restaurações de resina composta, sendo que, com o aumento da rugosidade ocorre a diminuição do brilho superficial (LU et al., 2005; LEE et al., 2005; KAKABOURA et al., 2007). Estes fatores comprometem a qualidade estética dessas restaurações.

Curiosamente, outro inconveniente da rugosidade superficial das restaurações de resina composta está relacionado ao conforto do paciente, considerando a aspereza superficial das restaurações. Jones; Billington; Pearson (2004) tiveram o propósito de determinar um valor de limiar da rugosidade superficial das restaurações a partir do qual os pacientes fossem capazes de detectá-las. Devido à precisão dos pacientes em distinguir diferentes valores de rugosidade entre 0,25 e 0,50 μm , os autores estipularam que 0,50 μm é o limiar máximo de valor de rugosidade superficial das restaurações para que não sejam detectáveis pelos pacientes.

No presente estudo, as médias iniciais de rugosidade superficial das resinas compostas universais variaram de 0,07 a 0,22 μm . Considerando os limiares aceitáveis de 0,20 e 0,50 μm , descritos anteriormente, as médias iniciais de TC (0,20 μm) e CH (0,22 μm) ultrapassaram o limiar aceitável de rugosidade superficial para o controle da aderência bacteriana. Além disso, as médias finais de rugosidade variaram de 0,24 a 0,98 μm . Considerando novamente os limiares aceitáveis de 0,20 e 0,50 μm já descritos, todas as resinas compostas universais submetidas à escovação simulada nesse estudo estariam sujeitas ao acúmulo de placa bacteriana e, não obstante, as restaurações confeccionadas com Z2 (0,58 μm), Z1 (0,60 μm), HE (0,61 μm), FM (0,61 μm), TN (0,67 μm), TC (0,86 μm) e CH (0,98 μm) também seriam detectáveis pelos pacientes.

Considerando os índices de alteração da rugosidade superficial das resinas compostas universais avaliadas no presente estudo, todos os materiais avaliados apresentaram aumento significativo da rugosidade superficial após a escovação simulada. A variação do aumento da rugosidade superficial foi de 104,87% a 505,42%. A resina composta universal EX (FIG. 40) aumentou em 1X a rugosidade superficial após a escovação simulada e foi a que demonstrou a menor variação. HE (FIG. 50), SU (FIG. 44), TC (FIG. 56) e CH (FIG. 38) aumentaram a rugosidade superficial após a escovação simulada em aproximadamente 3X e, FM (FIG. 42) e OP (FIG. 52), em aproximadamente 4X e pertenceram ao grupo intermediário de variação. A rugosidade superficial das resinas Z2 (FIG. 48), TN (FIG. 54) e Z1 (FIG. 46), aumentou em aproximadamente 5X, sendo esses os materiais que apresentaram a maior variação na rugosidade superficial após a escovação simulada.

As comparações dos 2 tipos de análises de resistência ao desgaste (massa X rugosidade superficial) realizadas no presente estudo, não foram correlacionadas, corroborando com os resultados de estudos anteriores (MARTÍNEZ, 2004; WANG et al., 2004; GARCIA et al., 2004). Esse fato é nitidamente evidenciado pelo comportamento da resina composta EX que, após a escovação simulada, apresentou os maiores índices de desgaste e, por outro lado, os menores de rugosidade superficial.

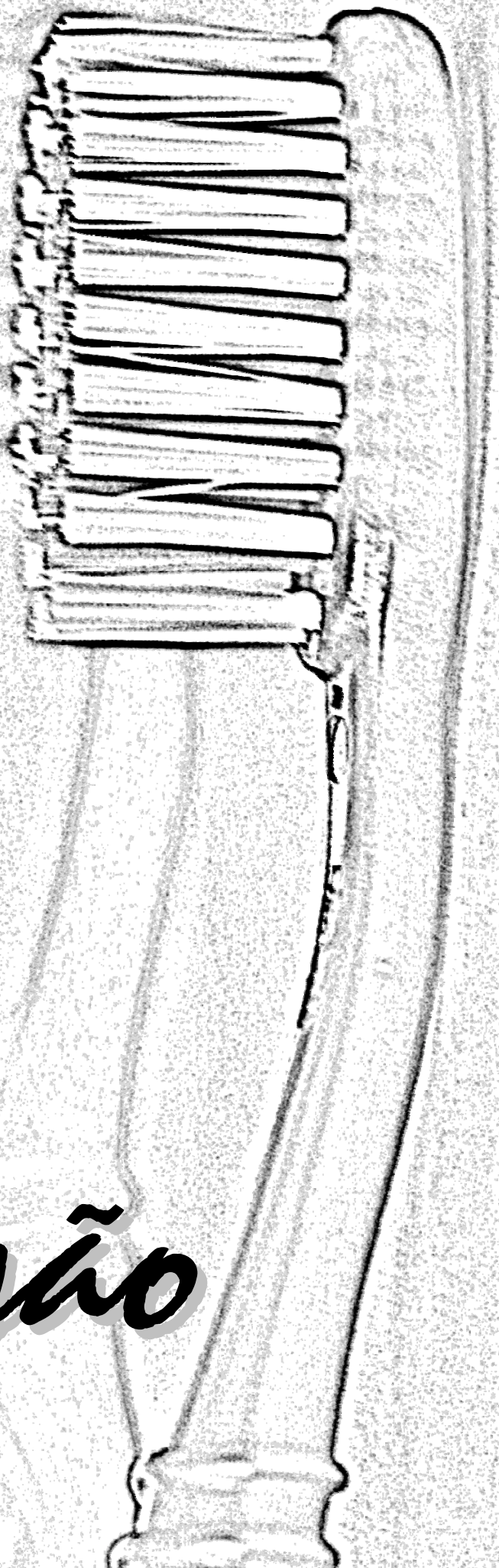
Dentre as resinas compostas universais avaliadas no presente trabalho havia duas classificações de materiais, de acordo com o tamanho das partículas inorgânicas: as resinas compostas híbridas (CH, EX, FM, Z1, Z2, HE, OP, TN e TC) e a resina composta nanoparticulada (SU). Apesar da composição inorgânica desse material diferenciá-la dos outros, por ser baseada em nanopartículas e nanoaglomerados (QUADRO 2) e, devido à isso, ser considerada um material superior em resistência e capacidade de manutenção do polimento, na presente avaliação, a resina SU foi uma das que apresentou maior perda de massa após escovação simulada, comparada às demais resinas compostas avaliadas. Por outro lado, apesar de significativo, o aumento da rugosidade superficial da resina SU após a escovação simulada foi menor do que o ocorrido nas outras resinas, com exceção da resina EX. Os resultados de perda de massa e aumento da rugosidade superficial

após a escovação simulada verificados nesse estudo são contraditórios aos obtidos em pesquisas anteriores, onde a resina SU é comparada a Z2 e apresenta menor desgaste (TEIXEIRA et al., 2005) ou não apresenta diferença estatisticamente significativa de desgaste (MORGADO, 2005) e, considerando a rugosidade superficial, apresenta maior rugosidade superficial do que Z2 (TEIXEIRA et al., 2005; MORGADO, 2005). Esse aumento da rugosidade superficial após a escovação simulada da resina SU foi justificado pelo deslocamento dos nanoaglomerados em consequência das forças abrasivas (MORGADO 2005). Entretanto, no presente estudo, a rugosidade superficial das resinas compostas universais foi ilustrada com fotomicrografias das superfícies, onde é possível observar que a resina SU (FIG. 44) não apresenta lacunas que poderiam ser resultantes desse deslocamento dos nanoaglomerados.

De acordo com Jaarda; Wang; Lang (1997) a maioria dos estudos relaciona as propriedades mecânicas das resinas compostas com os dados da composição desses materiais fornecidos pelos fabricantes. Entretanto, muitas vezes, essas informações não coincidem com a real composição dos materiais e, sendo assim, devem ser consideradas com cautela (SABBAGH et al., 2004). Pesquisas experimentais que formulam os materiais a serem avaliados, alternando os tipos de monômeros (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 1998; KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001), os tamanhos e as morfologias das partículas inorgânicas, os conteúdos de carga (LI et al., 1985; LIM et al., 2002; KIM; ONG; OKUNO, 2002; SABBAGH et al., 2004; TURSSI; FERRACANE; VOGEL, 2005) ou até mesmo, os silanos que promovem a união das partículas com a matriz orgânica (MANHART et al., 2000; LIM et al., 2002) e, que têm o total controle sobre essas variáveis, são adequadas para discutir a influência da composição dos materiais em suas propriedades. Dessa forma, a presente pesquisa não teve a pretensão de afirmar alguma relação entre a resistência à abrasão das resinas compostas universais avaliadas com os dados de composição orgânica e inorgânica fornecidos pelos fabricantes desses materiais.

Contudo, considerando que, a perda de massa e o aumento da rugosidade superficial demonstrados pelas resinas compostas avaliadas, são características indesejáveis para esses materiais restauradores dos pontos de vista fisiológico,

funcional e estético, tanto para as restaurações de dentes anteriores quanto posteriores, recomenda-se que as mesmas, que já se encontram disponíveis no mercado, sejam avaliados em futuras pesquisas, *in vitro*, e, *in vivo*, que possam confirmar os resultados encontrados nesta pesquisa e, que sejam empregados clinicamente com cautela.

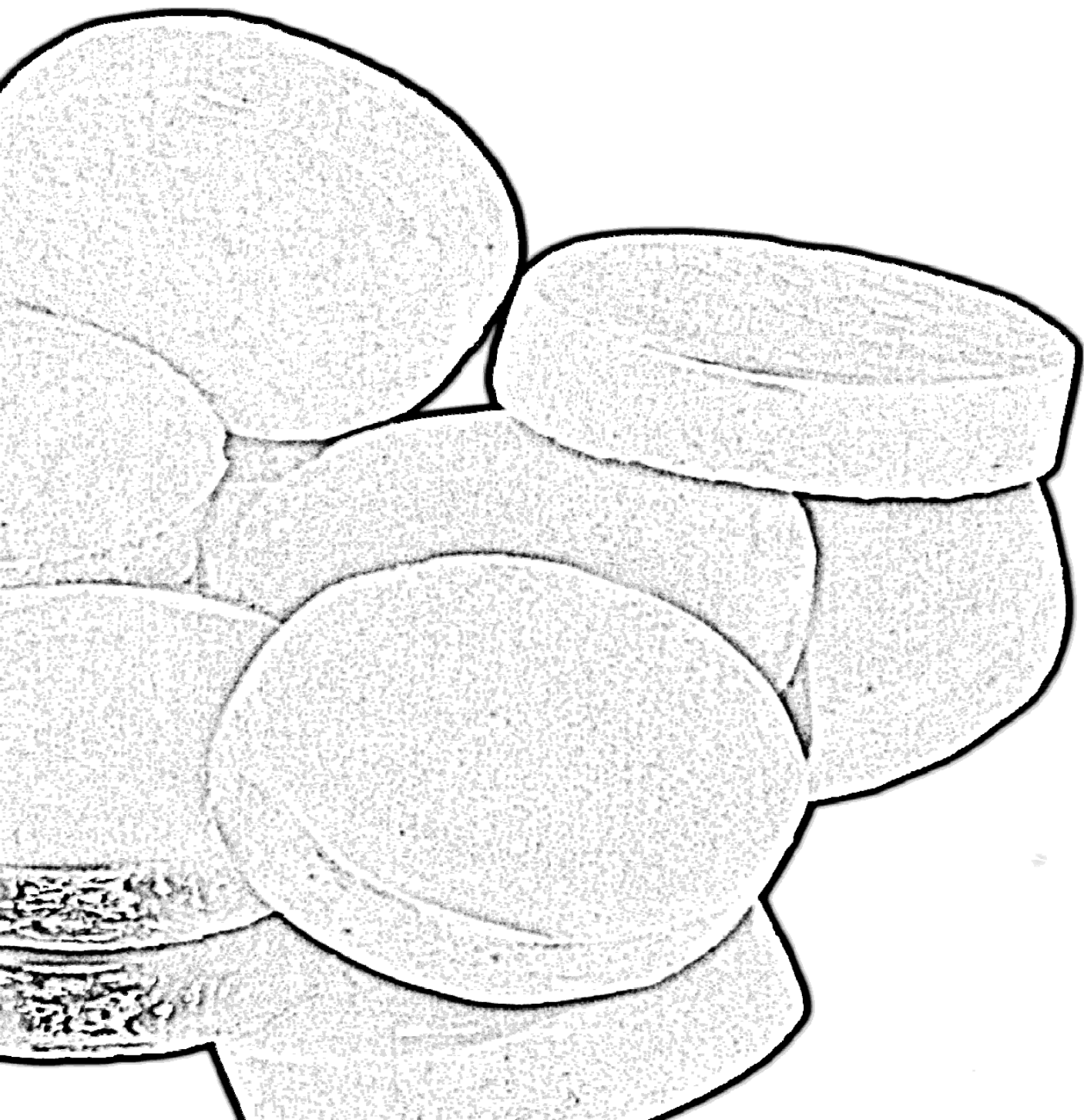


Conclusão

7 CONCLUSÃO

Após o teste abrasivo por escovação simulada, todas as resinas compostas avaliadas nessa pesquisa demonstraram perdas de massa expressivas e superfícies mais rugosas, embora não-correlacionadas, em diferentes níveis de intensidade para cada material. Dessa forma, a resistência à abrasão decorrente de escovação simulada deve ser levada em consideração na seleção de resinas compostas universais para restaurações de dentes anteriores e posteriores.

Referências



REFERÊNCIAS²

AKER, J.R. New composite resins: comparison of their resistance to toothbrush abrasion and characteristics of abraded surfaces. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 105, n. 4, p. 633-635, Oct. 1982.

ANTONIZAZZI, R.G. **Avaliação do desgaste de superfície das resinas compostas, com diferentes tempos de polimerização.** 2001. 100 f. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de concentração em Dentística) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. **Dent. Mater.**, Washington, v. 14, n. 1, p. 51-56, Jan. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6405. **Rugosidade das superfícies.** Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ATTIN, T.; BUCHALLA, W.; HELLWIG, E. Effect of topical fluoride application on toothbrushing abrasion of resin composites. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 4, p. 308-313, Apr. 2006.

BOLLEN, C.M.; LAMBRECHTS, P.; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. **Dent. Mater.**, Washington, v. 13, n. 4, p. 258-269, July 1997.

CUNHA, L.G. et al. Comparative study of the surface roughness of ormocer-based and conventional composites. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 11, n. 4, p. 348-353, 2003.

FERRACANE, J.L. et al. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 76, n. 8, p. 1508-1516, Aug. 1997.

GARCIA, F.C.P. et al. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. **Braz. Oral Res.**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 156-161, 2004.

² Baseado na NBR 6023: 2002 da ABNT

GÖHRING, T.N.; BESEK, M.J.; SCHMIDLIN, P.R. Attritional wear and abrasive surface alterations of composite resin materials *in vitro*. **J. Dent.**, Guilford, v. 30, n. 2/3, p. 119-127, Feb./Mar. 2002.

GOLDSTEIN, G.R.; LERNER, T. The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 66, n. 4, p. 498-500, Oct. 1991.

HARRISON, A.; DRAUGHN, R.A. Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins: is there a relationship? **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 36, n. 4, p. 395-398, Oct. 1976.

HEATH, J.R.; WILSON, H.J. Abrasion of restorative materials by toothpaste. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 121-138, Apr. 1976.

HEINTZE, S.D. How to qualify and validate wear simulation devices and methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 8, p. 712-734, Aug. 2006.

HEINTZE, S.D.; FORJANIC, M. Surface roughness of different dental materials before and after simulated toothbrushing *in vitro*. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 30, n. 5, p. 617-626, Sept./Oct. 2005.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO). Technical specification 14569-1. Dental materials – guidance on testing of wear resistance. Part 1: wear by tooth brushing. Switzerland: ISO, 1999.

JAARDA, M.J.; WANG, R.F.; LANG, B.R. A regression analysis of filler particle content to predict composite wear. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 77, n. 1, p. 57-67, Jan. 1997.

JONES, C.S.; BILLINGTON, R.W.; PEARSON, G.J. The *in vivo* perception of roughness of restorations. **Br. Dent. J.**, London, v. 196, n. 1, p. 42-45, Jan. 2004.

KAKABOURA, A. et al. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. **J. Mater. Sci. Mater. Med.**, v. 18, n. 1, p. 155-163, 2007.

KANTER, J.; KOSKI, R.E.; MARTIN, D. J. The relationship of weight loss to surface roughness of composite resins from simulated toothbrushing. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 47, n. 5, p. 505-513, May 1982.

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

KIM, K.H.; ONG, J.L.; OKUNO, O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 87, n. 6, p. 642-649, June 2002.

LAMBRECHTS, P. et al. Quantitative *in vivo* wear of human enamel. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 68, n. 12, p. 1752-1754, Dec. 1989.

_____. How to simulate wear? Overview of existing methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 8, p. 693-701, Aug. 2006a.

_____. Degradation of tooth structure and restorative materials: a review. **Wear**, v. 261, n. 9, p. 980-986, Nov. 2006b.

LEE, Y.K. et al. Changes in gloss after simulated generalized wear of composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 94, n. 4, p. 370-376, Oct. 2005.

LI, Y. et al. Effect of filler content and size on properties of composites. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 64, n. 12, p. 1396-1401, Dec. 1985.

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

LINDQUIST, B.; EMILSON, C.G. Distribution and prevalence of mutans streptococci in the human dentition. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 69, n. 5, p. 1160-1166, May 1990.

LU, H. et al. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. **J. Esthet. Restor. Dent.**, Hamilton, v. 17, n. 2, p. 102-108, 2005.

LUIZ, B.K.M. **Análise das propriedades micro e macroscópicas de material restaurador odontológico fotopolimerizável submetido a diferentes condições no processo de reticulação.** 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais – Área de concentração em Polímeros) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUTZ, F. et al. *In vivo* and *in vitro* wear of potential posterior composites. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 63, n. 6, p. 914-920, June 1984.

MAIR, L.H. et al. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. **J. Dent.**, Guilford, v. 24, n. 1/2, p. 141-148, Jan./Mar. 1996.

MANHART, J. et al. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. **Dent. Mater.**, Washington, v. 16, n. 1, p. 33-40, Jan. 2000.

MARTINELLI, J. et al. Abrasion resistance of composites polymerized by light-emitting diodes (LED) and halogen light-curing units. **Braz. Dent. J.**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 29-33, 2006.

MARTÍNEZ, M.A.J.A. **Avaliação do desgaste e da rugosidade superficial de uma resina composta, após escovação simulada, em função de diferentes energias e fontes de luz usadas na polimerização.** 2004. 154 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Bauru.

MILLER, W.D. Experiments and observations on the wasting of tooth tissue, variously designated as erosion, abrasion, chemical abrasion, denudation, etc. **Dent. Cosmos**, v. 49, n. 1, p. 1-23, Jan. 1907.

MONDELLI, R.F.L. et al. Avaliação comparativa de resinas compostas em relação à resistência à abrasão. **Rev. APCD**, São Paulo, v. 57, n. 6, p. 439-442, 2003.

_____. Evaluation of weight loss and surface roughness of compomers after simulated toothbrushing abrasion test. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 131-135, 2005.

MORGADO, G.L. **Avaliação da microdureza, da rugosidade e alteração de massa de diferentes compósitos submetidos à escovação simulada.** 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

NEME, A.L. et al. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 27, n. 1, p. 50-58, Jan./Feb. 2002.

O'BRIEN, W.J. et al. The surface roughness and gloss of composites. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 63, n. 5, p. 685-688, May 1984.

PENTEADO, R.A.P.M. **Avaliação da rugosidade superficial e alteração de massa de duas resinas compostas por meio de microscopia de força atômica.** 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

SABBAGH, J. et al. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 31, n. 11, p. 1090-1101, Nov. 2004.

SANTOS P.H dos. **Influência da aplicação de resinas fluídas com e sem carga na rugosidade de superfície e infiltração marginal de restaurações de resina composta.** 2003. 127 f. Tese (Doutorado em Materiais dentários) – Faculdade de Odontologia, Universidade de Campinas, Piracicaba.

SÖDERHOLM, K.J. et al. Clinical wear performance of eight experimental dental composites over three years determined by two measuring methods. **Eur. J. Oral Sci.**, Copenhagen, v. 109, n. 4, p. 273-281, Aug. 2001.

ST. GERMAIN, H. et al. Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 64, n. 2, p. 155-160, Feb. 1985.

SUZUKI, S et al. Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 8, n. 4, p. 173-178, Aug. 1995.

TANOUE N.; MATSUMURA H.; ATSUTA M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 84, n. 1, p. 93-97, July 2000.

TEIXEIRA, E.C. et al. *In vitro* toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. **J. Esthet. Restor. Dent.**, Hamilton, v. 17, n. 3, p. 172-180, 2005.

TEUGHEL, W. et al. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v. 17, n. 2, p. 68–81, 2006.

TURSSI, C.P. et al. Surface roughness assessment of resin-based materials during brushing preceded by pH-cycling simulations. **Oper. Dent.**, Seattle, n. 26, n. 6, p. 576-584, Nov./Dec. 2001.

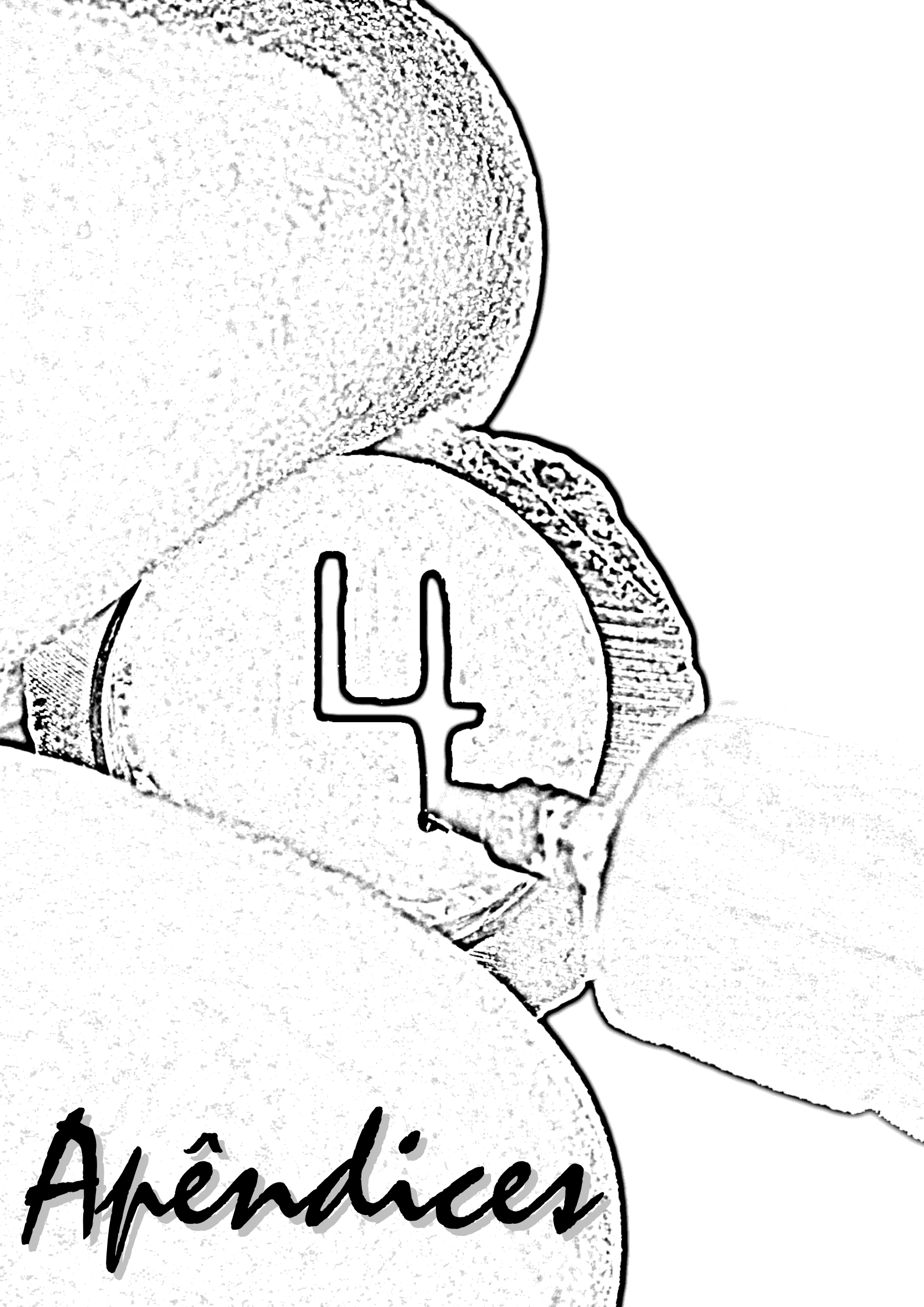
TURSSI, C.P.; FERRACANE, J.L.; VOGEL, K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. **Biomaterials**, Oxford, v. 26, n. 24, p. 4932-4937, Aug. 2005.

WAKAMATSU, Y.; KAKUTA, K.; OGURA, H. Wear test combining simulated occlusal wear and toothbrush wear. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v. 22, n. 3, p. 383-396, Sept. 2003.

WANG, L. et al. Wear resistance of packable resin composites after simulated toothbrushing test. **J. Esthet. Restor. Dent.**, Hamilton, v. 16, n. 5, p. 303-314, 2004.

YAP, A.U.J., et al. Effect of hygiene maintenance procedures on surface roughness of composite restoratives. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 30, n. 1, p. 99-104, Jan./Feb. 2005.

YAP, A.U.J.; MOK B.Y.Y. Surface finish of a new hybrid aesthetic restorative material. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 27, n. 2, p. 161-166, Mar./Apr. 2002.



Apêndices

APÊNDICE A - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Charisma (CH)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
CH 1	0,2485	0,2419	-0,0066	2,66	0,21	0,99	0,78	371,43%
CH 2	0,2493	0,2433	-0,0060	2,41	0,21	0,97	0,76	361,90%
CH 3	0,2487	0,2425	-0,0062	2,49	0,22	0,98	0,76	345,45%
CH 4	0,2538	0,2475	-0,0063	2,48	0,20	0,94	0,74	370,00%
CH 5	0,2543	0,2478	-0,0065	2,56	0,23	1,01	0,78	339,13%
CH 6	0,2508	0,2448	-0,0060	2,39	0,24	1,02	0,78	325,00%
CH 7	0,2493	0,2432	-0,0061	2,45	0,22	0,97	0,75	340,91%
CH 8	0,2501	0,2439	-0,0062	2,48	0,23	0,98	0,75	326,09%

APÊNDICE B - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Esthet-X (EX)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
EX 1	0,2491	0,2262	-0,0229	9,19	0,12	0,23	0,11	91,67%
EX 2	0,2552	0,2321	-0,0231	9,05	0,13	0,25	0,12	92,31%
EX 3	0,2523	0,2291	-0,0232	9,20	0,12	0,25	0,13	108,33%
EX 4	0,2529	0,2298	-0,0231	9,13	0,11	0,21	0,10	90,91%
EX 5	0,2523	0,2294	-0,0229	9,08	0,11	0,21	0,10	90,91%
EX 6	0,2616	0,2385	-0,0231	8,83	0,10	0,23	0,13	130,00%
EX 7	0,2490	0,2259	-0,0231	9,28	0,11	0,24	0,13	118,18%
EX 8	0,2488	0,2260	-0,0228	9,16	0,12	0,26	0,14	116,67%

APÊNDICE C - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Fill Magic (FM)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
FM 1	0,2445	0,2371	-0,0074	3,03	0,11	0,62	0,51	463,64%
FM 2	0,2449	0,2372	-0,0077	3,14	0,12	0,60	0,48	400,00%
FM 3	0,2513	0,2437	-0,0076	3,02	0,14	0,59	0,45	321,43%
FM 4	0,2511	0,2437	-0,0074	2,95	0,13	0,61	0,48	369,23%
FM 5	0,2487	0,2409	-0,0078	3,14	0,14	0,59	0,45	321,43%
FM 6	0,2518	0,2440	-0,0078	3,10	0,11	0,64	0,53	481,82%
FM 7	0,2496	0,2418	-0,0078	3,13	0,12	0,62	0,50	416,67%
FM 8	0,2508	0,2433	-0,0075	2,99	0,13	0,62	0,49	376,92%

APÊNDICE D - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (SU)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
SU 1	0,2454	0,2318	-0,0136	5,54	0,08	0,34	0,26	325,00%
SU 2	0,2527	0,2392	-0,0135	5,34	0,11	0,40	0,29	263,64%
SU 3	0,2495	0,2357	-0,0138	5,53	0,08	0,37	0,29	362,50%
SU 4	0,2524	0,2391	-0,0133	5,27	0,12	0,38	0,26	216,67%
SU 5	0,2453	0,2316	-0,0137	5,58	0,12	0,40	0,28	233,33%
SU 6	0,2436	0,2301	-0,0135	5,54	0,09	0,39	0,30	333,33%
SU 7	0,2506	0,2368	-0,0138	5,51	0,10	0,36	0,26	260,00%
SU 8	0,2456	0,2322	-0,0134	5,46	0,11	0,38	0,27	245,45%

APÊNDICE E - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Z100 (Z1)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
Z1 1	0,2514	0,2468	-0,0046	1,83	0,09	0,59	0,50	555,56%
Z1 2	0,2483	0,2434	-0,0049	1,97	0,08	0,58	0,50	625,00%
Z1 3	0,2513	0,2469	-0,0044	1,75	0,11	0,60	0,49	445,45%
Z1 4	0,2454	0,2409	-0,0045	1,83	0,10	0,60	0,50	500,00%
Z1 5	0,2436	0,2389	-0,0047	1,93	0,11	0,61	0,50	454,55%
Z1 6	0,2481	0,2437	-0,0044	1,77	0,12	0,61	0,49	408,33%
Z1 7	0,2467	0,2419	-0,0048	1,95	0,10	0,61	0,51	510,00%
Z1 8	0,2455	0,2412	-0,0043	1,75	0,09	0,58	0,49	544,44%

APÊNDICE F - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Z250 (Z2)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
Z2 1	0,2362	0,2332	-0,0030	1,27	0,08	0,53	0,45	562,50%
Z2 2	0,2558	0,2531	-0,0027	1,06	0,11	0,60	0,49	445,45%
Z2 3	0,2611	0,2581	-0,0030	1,15	0,09	0,59	0,50	555,56%
Z2 4	0,2408	0,2377	-0,0031	1,29	0,10	0,58	0,48	480,00%
Z2 5	0,2421	0,2389	-0,0032	1,32	0,12	0,60	0,48	400,00%
Z2 6	0,2571	0,2542	-0,0029	1,13	0,13	0,58	0,45	346,15%
Z2 7	0,2498	0,2471	-0,0027	1,08	0,10	0,57	0,47	470,00%
Z2 8	0,2553	0,2523	-0,0030	1,18	0,11	0,59	0,48	436,36%

APÊNDICE G - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Herculite XRV (HE)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
HE 1	0,2467	0,2401	-0,0066	2,68	0,16	0,60	0,44	275,00%
HE 2	0,2426	0,2358	-0,0068	2,80	0,17	0,63	0,46	270,59%
HE 3	0,2518	0,2453	-0,0065	2,58	0,18	0,62	0,44	244,44%
HE 4	0,2442	0,2378	-0,0064	2,62	0,15	0,62	0,47	313,33%
HE 5	0,2553	0,2489	-0,0064	2,51	0,16	0,61	0,45	281,25%
HE 6	0,2473	0,2413	-0,006	2,43	0,15	0,58	0,43	286,67%
HE 7	0,2520	0,2452	-0,0068	2,70	0,16	0,62	0,46	287,50%
HE 8	0,2497	0,2428	-0,0069	2,76	0,17	0,62	0,45	264,71%

APÊNDICE H - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Opallis (OP)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
OP 1	0,2464	0,2436	-0,0028	1,14	0,06	0,32	0,26	433,33%
OP 2	0,2473	0,2447	-0,0026	1,05	0,09	0,38	0,29	322,22%
OP 3	0,2529	0,2500	-0,0029	1,15	0,08	0,35	0,27	337,50%
OP 4	0,2502	0,2474	-0,0028	1,12	0,06	0,34	0,28	466,67%
OP 5	0,2497	0,2468	-0,0029	1,16	0,07	0,34	0,27	385,71%
OP 6	0,2433	0,2404	-0,0029	1,19	0,05	0,32	0,27	540,00%
OP 7	0,2435	0,2406	-0,0029	1,19	0,06	0,31	0,25	416,67%
OP 8	0,2511	0,2480	-0,0031	1,23	0,08	0,37	0,29	362,50%

APÊNDICE I - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Te-econom (TN)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
TN 1	0,2551	0,2427	-0,0124	4,86	0,10	0,61	0,51	510,00%
TN 2	0,2483	0,2361	-0,0122	4,91	0,13	0,66	0,53	407,69%
TN 3	0,2526	0,2402	-0,0124	4,91	0,10	0,65	0,55	550,00%
TN 4	0,2485	0,2362	-0,0123	4,95	0,13	0,72	0,59	453,85%
TN 5	0,2544	0,2421	-0,0123	4,83	0,09	0,71	0,62	688,89%
TN 6	0,2542	0,2421	-0,0121	4,76	0,11	0,65	0,54	490,91%
TN 7	0,2472	0,2349	-0,0123	4,98	0,12	0,68	0,56	466,67%
TN 8	0,2488	0,2363	-0,0125	5,02	0,12	0,67	0,55	458,33%

APÊNDICE J - Médias dos valores iniciais e finais de massa e de rugosidade superficial, diferenças entre eles e porcentagens da perda de massa e do aumento de rugosidade superficial de cada corpo-de-prova da resina composta Tetric Ceram (TC)

Resina composta	MI	MF	D	%	RI	RF	D	%
TC 1	0,2502	0,2449	-0,0053	2,12	0,18	0,82	0,64	355,56%
TC 2	0,2478	0,2419	-0,0059	2,38	0,20	0,85	0,65	325,00%
TC 3	0,2532	0,2474	-0,0058	2,29	0,20	0,89	0,69	345,00%
TC 4	0,2481	0,2427	-0,0054	2,18	0,22	0,88	0,66	300,00%
TC 5	0,2419	0,2366	-0,0053	2,19	0,22	0,84	0,62	281,82%
TC 6	0,2527	0,2473	-0,0054	2,14	0,20	0,86	0,66	330,00%
TC 7	0,2481	0,2428	-0,0053	2,14	0,19	0,84	0,65	342,11%
TC 8	0,2513	0,2470	-0,0043	1,71	0,21	0,86	0,65	309,52%