



ESTUDO DO DESGASTE ABRASIVO DAS RESINAS COMPOSTAS DO MERCADO BRASILEIRO

Eduardo Carlos Bianchi

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: bianchi@feb.unesp.br.

Márcio Rodrigo Poggi

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: poggimr@hotmail.com.

Rodrigo Daun Monici

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: daun@feb.unesp.br.

César Antunes de Freitas

Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB - USP – CEP: 17043-101, Bauru - S.P.; e-mail: cfreitas@fob.usp.br.

Ana Rita Rodrigues Bianchi

Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB - USP – CEP: 17043-101, Bauru - S.P.; e-mail: anaritarb@hotmail.com.

Resumo. *Esse trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta para a avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas disponíveis no mercado nacional, materiais amplamente utilizados em clínicas dentárias para restaurações funcionais e estéticas dos dentes. Para isto utiliza-se um banco de ensaios onde um disco dinâmico, revestido com porcelana, desgasta um disco estático revestido com a resina que se pretende ensaiar, através da aplicação de uma carga pré-definida no sistema, de forma que o disco dinâmico seja pressionado contra o estático. A partir daí, através de desenvolvimentos matemáticos adequados à estrutura do banco de ensaios, além de uma aquisição contínua do deslocamento do sistema em função do tempo, consegue-se medir a agressividade (capacidade de um material desgastar outro) obtida para cada resina, conforme seu respectivo desgaste sofrido. Dessa forma obtém-se uma classificação concreta das resinas de acordo com sua resistência ao desgaste abrasivo, fator de extrema influência na sua durabilidade em restaurações dentárias. Para as dez resinas ensaiadas tem-se a seguinte classificação decrescente: FILTEK Z250, TETRIC FLOW, REVOLUTION, PRODIGY, TETRIC CERAM, HERCULITE, FILLMAGIC, TPH, CHARISMA e Z100.*

Palavras-chave: *resina composta, desgaste abrasivo, métodos de avaliação, agressividade.*

1. INTRODUÇÃO

O homem está sempre em busca de melhores condições de vida, e para atingir esse objetivo desenvolve materiais capazes de reparar imperfeições naturais ou acidentais. Assim, as resinas compostas foram desenvolvidas com o objetivo de reparar as perdas de material dentário do ser humano.

Dentre os vários materiais que poderiam ser utilizados para este fim, as resinas compostas foram escolhidas por apresentarem menor desgaste, maior facilidade de manuseio e por possuírem uma grande gama de cores, possibilitando-se alcançar a semelhança com a coloração dos dentes humanos, tornando-se praticamente imperceptíveis após sua aplicação.

O ideal seria que esses materiais restauradores odontológicos se desgastassem como o esmalte dentário - o que não ocorre. E dentre as várias razões que conduzem à substituição de restaurações confeccionadas com resinas compostas, encontra-se o desgaste abrasivo, que pode ser proveniente das escovações e da mastigação. Assim, o estudo deste fenômeno se faz necessário para prever o tempo de duração das resinas compostas, pois sua substituição, quando gasta, é necessária.

Dentre os vários fatores determinantes do processo de desgaste abrasivo, encontram-se, genericamente, as características da própria resina e do preparo cavitário, assim como da restauração confeccionada e das condições das agressões a que ela for submetida.

Sendo assim, para a análise do desgaste de resinas compostas são então apresentados dois métodos distintos: o clínico (“*in vivo*”) e o laboratorial (“*in vitro*”).

O método clínico consiste em se realizar restaurações em um determinado número de pacientes e após um certo período de tempo, normalmente bastante longo (mínimo de 2 e máximo de 6 anos), analisar qual foi o desgaste sofrido pelas resinas. Contudo, um dos principais problemas enfrentados neste método pelos pesquisadores, é que ao obterem os dados sobre o desgaste das resinas ensaiadas após este longo intervalo de tempo, outras resinas já haviam sido lançadas e as antigas já haviam sofrido variações em sua composição.

Dessa maneira, na literatura específica são apresentados, além dos métodos clínicos, outros laboratoriais (alguns destes mais simples e outros às vezes tão complexos quanto os clínicos), que fornecem resultados de forma mais rápida. Ora, todos estes métodos têm sofrido críticas, não só pela sua complexidade de planejamento (principalmente) e de execução, como pela dificuldade de comparação de seus resultados, dadas as variações metodológicas extremamente diferentes.

Devido aos vários fatores citados, dentre outros, surge a necessidade do desenvolvimento de um padrão laboratorial confiável, que forneça os resultados almejados em curtos períodos de tempo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção apresenta-se uma breve revisão bibliográfica, citando-se alguns dos métodos de avaliação do desgaste abrasivo das resinas compostas utilizados por diversos autores, sendo dividida, para tanto, em dois tópicos: ensaios clínicos (“*in vivo*”) e ensaios laboratoriais (“*in vitro*”).

2.1. Ensaios Clínicos (“*in vivo*”)

Taylor et al. (1989), comparou métodos diretos e indiretos para análise do desgaste de restaurações com resina composta em dentes posteriores. Em seu estudo, afirmou que, por falta de um método *in vitro* adequado, vários métodos para a avaliação de tal desgaste haviam sido propostos, mas que apenas dois deles eram usados na maioria dos estudos clínicos. Um dos métodos era baseado na avaliação clínica direta, enquanto o outro era um método indireto, onde o desgaste era mensurado através de moldagens das restaurações. O método direto media o desgaste das restaurações em termos de categorias específicas de aceitação clínica, enquanto o indireto fornecia estimativas numéricas, com padrões quantitativos por comparação das restaurações desgastadas.

Dickinson et al. (1993), avaliou, *in vivo*, o comportamento de 62 restaurações com resinas compostas (Herculite XR e Herculite Incisal) em dentes posteriores, especialmente quanto ao desgaste, num período de 3 anos. Todas as restaurações foram periodicamente moldadas com um vinil poli-siloxano (Reprosil) e os modelos obtidos foram avaliados por meio de microscopia ótica. Durante o primeiro ano de uso, 97% das restaurações não exibiram nenhum sinal clínico de desgaste. Ao final de 2 anos, esse valor caiu para 84%, e ao final de 3 anos esse valor estabilizou-se em 79%. A média de desgaste foi de 45 μm para a Herculite XR e de 28 μm para a Herculite Incisal.

Suzuki et al. (1993), estudou o desgaste localizado das resinas compostas em dentes posteriores, procurando reproduzir o desgaste clinicamente observável nos pontos de contato oclusal. Foram utilizados molares íntegros, onde se preparou cavidades cilíndricas oclusais de 4 mm de diâmetro e profundidade, após a planificação dos mesmos com tiras de lixa e água para completa eliminação do esmalte. O desgaste foi promovido por um cilindro (onde uma mola aplicava uma carga de 75 N), através de uma agulha de aço inoxidável e a abrasão superficial por partículas de polimetil metacrilato em movimentos de translação, por 100000 ciclos. Antes e após o desgaste, os corpos de prova foram moldados 2 vezes cada e confeccionou-se modelos de resina epóxica para análise. Os modelos foram metalizados e avaliados por M.E.V. (Microscopia Eletrônica de Varredura). Foram estudados os materiais Heliomolar (Vivadent), Silux Plus (3M), Clearfil (Kuraray), P-50 (3M), Herculite (Kerr), Ful-Fil (Caulk) e uma resina experimental japonesa (Sun Medical). Os materiais P-50 e Clearfil apresentaram menor desgaste, sem diferença entre ambos.

Willems et al. (1993), pesquisou clinicamente, por 3 anos, o desgaste das resinas compostas e sua comparação com o desgaste do esmalte dentário, em contatos oclusais. A pesquisa foi realizada analisando-se o desgaste do esmalte e das resinas numa restauração dividida em duas partes, onde em uma delas colocou-se a resina composta, e na outra deixou-se o esmalte. Desta forma foi possível determinar a diferença no desgaste abrasivo sofrido pelos dois materiais, em um mesmo dente. Esta comparação foi realizada por meio da análise de fotomicrografias.

Bryant et al. (1994), num estudo realizado na Austrália, avaliou o desempenho clínico de 3 diferentes tipos de resinas compostas em restaurações de dentes posteriores, num período de 3 anos. As resinas compostas utilizadas foram a Heliomolar Radiopaco (micropartículas), a Herculite XR (híbrida com predominância de partículas de carga delicadas) e P-30 APC (híbrida com predominância de partículas de carga grosseiras). Foram observadas diferenças no desempenho clínico dessas resinas. A resina composta híbrida de partículas pequenas sofreu maior desgaste e com mais frequência que os outros compósitos, fratura marginal também foi comum. As resinas híbridas de partículas grosseiras exibiam evidências de desgaste aos 3 anos e as fraturas marginais não eram frequentes.

Suzuki et al. (1996), fez uma avaliação (cálculo) do desgaste antagonista dos materiais restauradores quando colocados contra o esmalte humano, após o desenvolvimento, de um teste predictor do desempenho clínico, que media a resistência ao desgaste *in vitro* de vários materiais, inclusive de resinas compostas, em poucos dias. O objetivo desse estudo foi avaliar a taxa de desgaste do esmalte humano contra antagonistas de resinas compostas para dentes posteriores, usando o dispositivo UAB (desenvolvido na Universidade do Alabama, em Birmingham) para teste de desgaste *in vitro*; em adição, mediu a quantia volumétrica de material restaurador perdido e executou uma análise de variância. Concluiu que as resinas compostas causavam diferentes taxas de desgaste no esmalte antagonista; que aquelas para restaurações em posteriores, contendo silicato de zircônio ou partículas de quartzo, apresentaram um potencial significativamente maior para desgastar o esmalte antagonista do que aquelas de micropartículas ou carga de silicato de bário.

2.2. Ensaios Laboratoriais (“*in vitro*”)

Verifica-se, como já foi citado anteriormente, que ao utilizar o método *in vivo* para avaliar o desgaste das resinas compostas, surgem diversas dificuldades que impossibilitam resultados precisos serem obtidos rapidamente. Dificuldades essas, relacionadas ao controle da frequência dos pacientes, variedade de hábitos alimentares e formas de mastigação, influenciadas pelo pH salivar da cavidade bucal de cada paciente, além de outras.

Já nos testes laboratoriais esses inconvenientes são minimizados. Dessa forma, torna-se interessante realizar ensaios *in vitro* com as resinas para avaliar o comportamento de seu desgaste abrasivo, entre outras variáveis, buscando resultados também precisos, porém mais rápidos que os testes *in vivo*. É isso que diversos pesquisadores têm realizado nos últimos anos.

Dickson (1979), mostrou que, dos vários métodos que têm sido utilizados para analisar a resistência ao desgaste abrasivo das resinas compostas e de outros materiais dentários,

provavelmente o mais simples consistia no seguinte: colocar-se pequenas esferas (0,4 g) de material de restauração em uma cápsula de plástico com 0,4 g de abrasivo (carboneto de silício) e fazer com que a cápsula vibrasse por 3 minutos. O desgaste era então determinado conforme ocorria a perda de peso das esferas. Este método detectava diminuições significativas. Também afirmou que o valor da abrasão do “Silicap” era aproximadamente o mesmo que os maiores valores encontrados para as resinas compostas. Este teste pioneiro indicou a necessidade de se realizar testes posteriores com a finalidade de se determinar quando os resultados laboratoriais terão relação com os encontrados clinicamente.

De Gee et al. (1986), em trabalho publicado, relatou que experimentos anteriores têm enfatizado a falta de concordância entre os dados laboratoriais e os clínicos, com relação ao desgaste de resinas compostas. Afirmou que, nos vários testes laboratoriais realizados anteriormente o material não deve ter sido desgastado de um modo comparável ao modo de desgaste clínico e, provavelmente, também não consideraram, simultaneamente, um número suficiente de variáveis. Neste estudo, o autor propôs-se a desenvolver uma máquina capaz de analisar o desgaste abrasivo de resinas compostas, onde as variáveis consideradas podiam ser controladas, de modo que os resultados obtidos pudessem ser comparados aos obtidos clinicamente. Concluiu seu trabalho dizendo que a máquina construída oferece resultados realísticos, mas outras variáveis ainda devem ser consideradas para a obtenção de melhores resultados.

Pallav et al. (1988), apresentou um método de simulação do desgaste de materiais restauradores que consistia no uso de uma máquina com dois tambores cilíndricos que rodavam um contra o outro, impulsionados por dois motores acoplados a seus respectivos eixos. Um tambor cilíndrico acomodava as amostras a serem testadas e o outro, funcionando como “cúspide antagonista”, era mantido pressionado contra o de testes, com uma força de 15 N. O conjunto ficava imerso em um meio constituído de uma mistura de 36% de sementes moídas, 9% de pérolas de poli (metilmetacrilato) e 55% de água. A análise da quantidade de desgaste era efetuada por meio de um perfilômetro computadorizado. Afirma que, com esta técnica, em poucos dias pode-se prever o desgaste oclusal de compósitos e que seus dados se correlacionavam muito bem com as observações clínicas de vários outros autores.

Coelho (1991), estudou as propriedades de dressagem de rebolos, em operações de retificação de precisão. Em linhas gerais, o método por ele desenvolvido consistia em se manter um disco estático (confeccionado com o material da peça cilíndrica que seria retificada e que seria o agredido), estando imobilizado no eixo horizontal de uma extremidade de uma balança própria, pressionado em sua superfície curva externa contra a superfície similar de um determinado rebolo (agressor), sob ação de uma força normal constante, com este girando por um tempo determinado, para se verificar quanto de desgaste sofria o agressor e/ou o agredido. Era continuamente registrado o deslocamento sofrido pelo disco estático, em direção ao rebolo contra o qual se mantinha pressionado por aquela força normal constante, para que os cálculos desejados pudessem ser efetuados. Embora este trabalho não tivesse, até aquela data, nenhuma previsão de utilização para desgastar resina, este foi o propulsor de um método desenvolvido posteriormente para este fim.

Krejci et al. (1992), avaliou o efeito da dimensão da área de contato do material com cúspides antagonistas, no desgaste de resinas compostas. Trinta e seis cilindros padronizados de resina composta foram divididos em cinco grupos, de acordo com a área do contato oclusal simulado, e guardados em uma solução aquosa de etanol a 75%, por 24 horas. Após esse período, passaram por um ciclo de escovação de 30 minutos, seguido por 300 ciclos térmicos em água de 5 a 55°C e, simultaneamente, 120000 ciclos mastigatórios, numa frequência de 1,7 Hz, com uma força máxima de 53 N. As áreas de contato foram avaliadas por meio de microscopia eletrônica. Os cilindros de resina sofreram um desgaste significativamente menor com o aumento da área de contato com o esmalte. As maiores desintegrações dos compósitos foram encontradas nos cilindros “ocluidos” com as menores áreas de contato.

Wassell et al. (1994), efetuou um estudo no qual afirmou que o desgaste dos materiais restauradores é um fenômeno complexo que envolve componentes abrasivos, adesivos, de fadiga e de corrosão; além disso, que nenhum dos numerosos testes *in vitro* desenvolvidos para se antecipar

o desempenho clínico dos materiais tem se mostrado totalmente adequado para este objetivo. Apontou que uma importante dificuldade, nos testes pertinentes do tipo dois-corpos, era que, se o esmalte fosse usado como o agente de abrasão, suas características físicas e morfológicas variavam de um espécime para outro; considerando ainda que a forma do agente de abrasão era também um fator de importante influência neste processo, afirmou que, num esforço para vencer os problemas de heterogeneidade dos espécimes de esmalte e da concentração de esforços nas arestas de espécimes cilíndricos, escolheu um material cerâmico, denominado esteatita, como um substituto em potencial do esmalte, pelo fato da dureza de ambos serem semelhantes. Verificou que este material foi um substituto adequado para o esmalte em estudos deste tipo.

Dias (1995), em seu trabalho de graduação, apresentou as razões matemáticas que nortearam o desenvolvimento de um método para avaliar o desempenho de resinas restauradoras, bem como seu banco de ensaios, composto basicamente por um cabeçote de testes e sistema de aquisição de dados.

Bianchi et al. (1996), modificou o método do disco retificado de Coelho (1991), adaptando-o para a avaliação de materiais restauradores odontológicos. As modificações naquele método introduzidas, basicamente, consistiram de: 1)- uma substituição dos discos agressor e agredido (respectivamente, rebolo e material da peça a ser retificada) por discos metálicos revestidos de um mesmo material restaurador odontológico, sendo que nestes primeiros ensaios foram utilizadas duas resinas compostas; 2)- uma alteração da localização do disco agressor, agora girando preso ao eixo árvore de um cabeçote de testes; e 3)- de uma alteração dos diâmetros destes discos, que passaram a ser iguais.

Salientou que os dados existentes sobre desgaste de resinas, nos métodos de avaliação clínicos, são puramente experimentais, apesar de existir fatores interferentes e indesejáveis como hábito alimentar, variação na forma de mastigação, influência do pH da cavidade bucal, dentre outros. E que isto dificulta uma análise imparcial do desgaste da resina composta. Então, para otimizar e fornecer uma maior credibilidade aos resultados já existentes, e a outros, foi proposto neste trabalho o desenvolvimento de um banco de ensaios e de uma metodologia para a avaliação do desgaste em restaurações dentárias, em laboratório; portanto isenta de ações secundárias como pH, hábito alimentar, dentre outros, considerando-se apenas a soma de duas características diferentes de um mesmo material: a resistência ao desgaste e a capacidade de um material em desgastar o outro.

Bianchi et al. (2000), apresentou a otimização da metodologia e o estudo do desgaste de cinco resinas compostas, as mais utilizadas pelos cirurgiões dentistas. Para a realização da análise estatística dos resultados obtidos foi utilizado o método One Way ANOVA e o Teste de Tukey, para as comparações entre os grupos de resinas testadas. Pôde-se classificar as mesmas quanto à resistência ao desgaste, em ordem crescente, da seguinte forma: Charisma (menos resistente ao desgaste), Tetric, TPH, Herculite e Z-100 (mais resistente ao desgaste) ($p < 0,05$). Dos resultados obtidos, pôde-se verificar que o método proposto foi o que apresentou menor coeficiente de variação.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Metodologia dos Ensaios

O método utilizado para a avaliação do desgaste de resinas compostas baseou-se no estudo do comportamento da agressividade (capacidade de um material desgastar o outro) da superfície de restaurações dentárias confeccionadas com essas resinas. Para a determinação desse fator, foi reproduzido e adaptado o método do disco retificado, desenvolvido por Coelho (1991).

Este método utiliza um banco de ensaios acoplado a um cabeçote de testes que possui um eixo para fixação de um disco agressor, o qual gira de acordo com uma rotação pré-estabelecida e proporcionada pelo motor elétrico desse mesmo cabeçote. E esse conjunto banco de ensaios – cabeçote de testes (apresentado na Fig. (1)) é posicionado sobre a mesa de uma retificadora tangencial plana, necessária à uniformização desse disco agressor dinâmico.

O funcionamento do método consiste em manter posicionado um disco fixo (ou seja, sem rotação), revestido em toda a sua circunferência (superfície) externa com resina composta, a qual se deseja analisar, contra um disco dinâmico. Tal revestimento constitui-se pela polimerização de pequenos incrementos de resina nessa região, até que se complete toda a área.

Após a regularização da superfície da resina (feita com um rebolo convencional de óxido de alumínio), o disco fixo é pressionado contra a superfície do disco dinâmico (confeccionado com porcelana e retificado com um rebolo diamantado), sob uma força normal constante, através de uma carga pré-estabelecida de 16 N. O posicionamento dos dois discos é mostrado na Fig. (2).

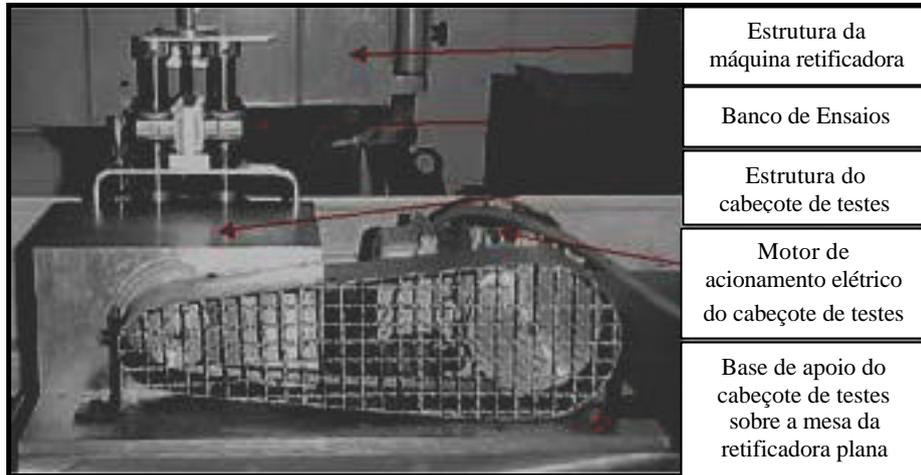


Figura 1. Fotografia do conjunto banco de ensaios – cabeçote de testes, juntamente com o motor de acionamento, posicionados sobre a mesa da máquina retificadora

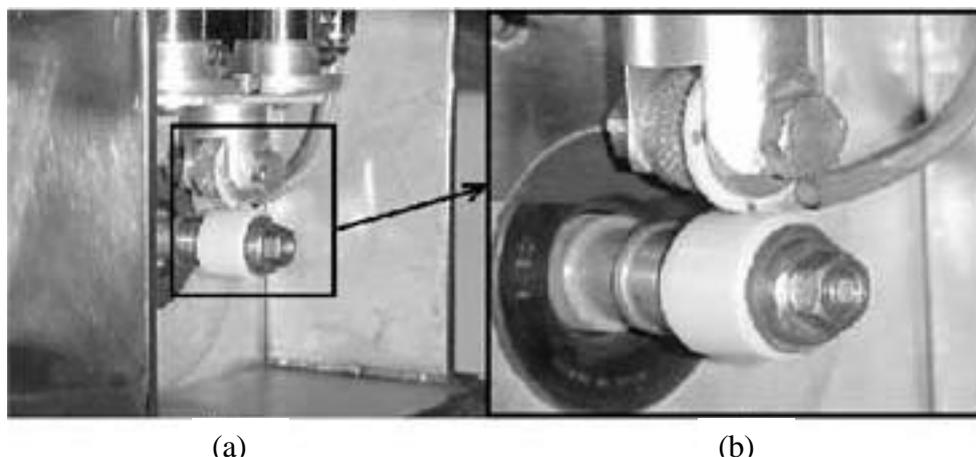


Figura 2. Fotografia mostrando o posicionamento dos discos estático e dinâmico no conjunto banco de ensaios – cabeçote de testes (a); detalhe (b) mostra o contato da resina presente no disco estático (superior) com a cerâmica do disco dinâmico (inferior), além da mangueira de refrigeração

O deslocamento do disco fixo contra o disco dinâmico (δ), à medida que ocorre o desgaste da resina, pode ser registrado em função do tempo, através de um medidor eletrônico de deslocamento, o qual encontra-se conectado a uma placa de aquisição de dados presente em um computador.

Através do desgaste da resina, o medidor registra o deslocamento do dispositivo, em μm , e envia esses dados, em forma de sinais de tensão elétrica, à placa. Com uma equação de calibração previamente efetuada, e implementada no programa de aquisição de dados, desenvolvido através do software Labview, para cada sinal de tensão tem-se o respectivo deslocamento real do dispositivo, utilizado na confecção dos gráficos do deslocamento em função do tempo.

Posteriormente, um outro gráfico é construído, onde no eixo vertical são registrados os valores do deslocamento (em μm), e no eixo horizontal, o tempo gasto para a aquisição dos dados, elevado a $2/3$. Isto é feito para obter-se uma reta, onde sua tangente representa o coeficiente angular da reta de regressão linear, e é utilizado no cálculo da agressividade, que de acordo com um desenvolvimento matemático adequado à estrutura do banco de ensaios, resulta na Eq. (1).

$$k = \frac{2b\sqrt{4r}}{3F_n} (a_1)^{3/2} \quad (1)$$

Onde: k [$\text{mm}^3/\text{N.s}$] representa a agressividade de uma resina contra a porcelana (cerâmica); F_n [N] a força normal necessária para efetuar-se a remoção de material num determinado tempo; b [mm] a largura dos discos fixos; r [mm] o raio dos discos; e a_1 o coeficiente angular da reta de regressão linear.

3.2. Resultados e Discussão

Para cada ensaio obtém-se um gráfico do deslocamento do dispositivo (desgaste sofrido pela resina) em função do tempo de ensaio, o qual tem a forma mostrada na Fig. (3):

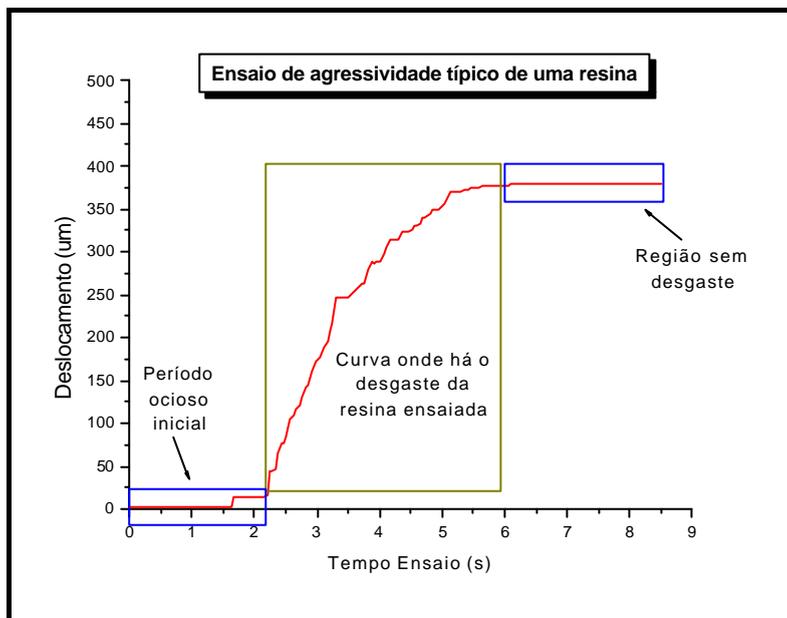


Figura 3. Gráfico típico de deslocamento do dispositivo em função do tempo obtido nos ensaios de agressividade das resinas compostas

Nota-se, pelo gráfico, que inicialmente há um período de tempo em que não há deslocamento do dispositivo. E isso deve-se ao tempo transcorrido entre o acionamento do programa de aquisição de dados e o instante de acionamento do motor do cabeçote de ensaios. (*Obs.:* O pequeno deslocamento que observa-se nessa região, mostrada em detalhe no gráfico, não é um real deslocamento do dispositivo, mas sim uma pequena variação de tensão da rede que acaba sendo registrada pelo software – sendo que este, como já foi dito, recebe sinais de tensão elétrica do medidor de deslocamento). Dessa forma, este é um período que pode ser desconsiderado, sendo que não faz parte do ensaio propriamente, mas constitui o tempo ocioso antes do início do mesmo.

À partir daí, inicia-se o desgaste da resina, ou seja, o ensaio propriamente dito, e isso é percebido pela curva crescente mostrada no mesmo gráfico. Esse desgaste ocorre até um determinado ponto, cessando-se (isso é notado pelo comportamento constante final da curva), devido ao aumento da área de contato entre os dois discos (estático e dinâmico).

Essa parte final do gráfico (onde não há desgaste) também não é de interesse, pois deseja-se avaliar a agressividade das resinas, a qual ocorre apenas quando está havendo o desgaste. Dessa forma, desconsidera-se também esse comportamento final para efeito dos cálculos.

Sendo assim, a única parte do gráfico que interessa para esse tipo de ensaio, é a parte curva, onde há o real desgaste. O tempo de ensaio, então, deve ser considerado à partir de onde começou a ocorrer tal desgaste, até o momento em que o mesmo cessou-se.

Seguindo de acordo com a metodologia proposta, ao elevar-se o tempo de ensaio a 2/3 obtém-se um novo gráfico, mostrado na Fig. (4), no qual é obtida a tangente daquela curva de deslocamento do gráfico da Fig. (3). Ainda a partir do gráfico da Fig. (4), com o cálculo do coeficiente angular da reta tangente, obtém-se, através da Eq. (1), e dos parâmetros utilizados no ensaio (largura do disco estático ($b = 1,5 \text{ mm}$), raio do disco estático para o respectivo ensaio (r) e força normal aplicada ($F_n = 16 \text{ N}$)), a agressividade (k) da resina em questão.

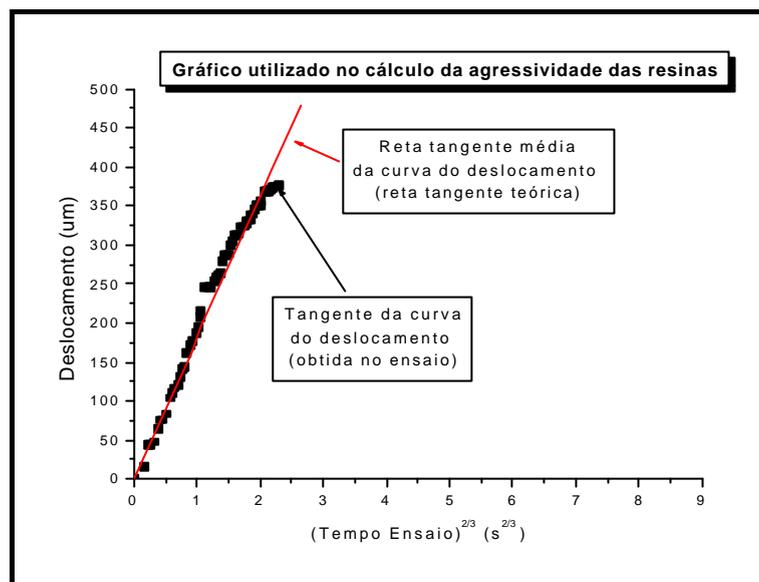


Figura 4. Gráfico mostrando a tangente da curva de desgaste das resinas, a qual seu coeficiente angular é utilizado no cálculo da respectiva agressividade

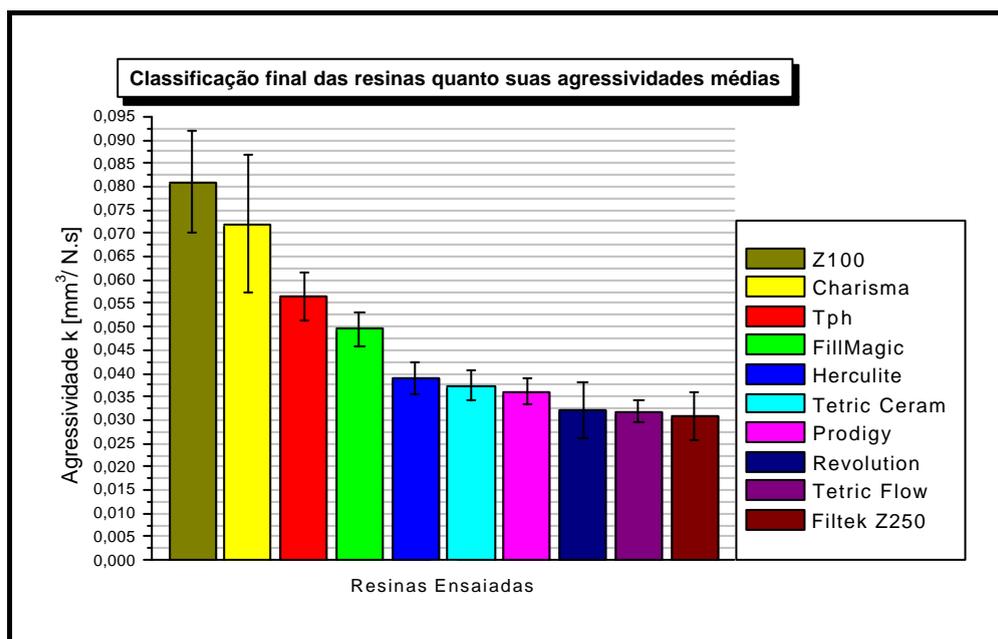


Figura 5. Classificação das resinas compostas ensaiadas segundo suas agressividades médias

É construído então o gráfico da Fig. (5), onde apresenta-se a classificação das resinas conforme suas respectivas agressividades.

E dessa forma, como a agressividade é inversamente proporcional à resistência ao desgaste abrasivo das resinas, ou seja, aquela com maior agressividade é a que sofreu maior desgaste, sendo portanto a menos resistente; e a que obteve a menor agressividade, é a que sofreu menor desgaste, sendo, então, a mais resistente, de acordo com a Fig. (5), apresenta-se a classificação decrescente (da mais resistente para a menos resistente) das resinas, segundo o critério de resistência mecânica: **FILTEK Z250, TETRIC FLOW, REVOLUTION, PRODIGY, TETRIC CERAM, HERCULITE, FILLMAGIC, TPH, CHARISMA e Z100.**

4. AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossos agradecimentos a todos que colaboraram para a execução desse trabalho, principalmente à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro (auxílio à pesquisa) e pela Bolsa de Iniciação Científica concedida para a realização do mesmo.

5. REFERÊNCIAS

- Bianchi, E.C., Dias, A.C.P., Bianchi, A.R.R. e Freitas, C.A., 1996, “Avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas”, In: CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE/NORDESTE, 4, Recife. Anais. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, V.1, pp. 169-74.
- Bianchi, E.C., Silva E.J., Xavier, A.P., Bianchi A.R.R. e Freitas, C.A., 2000, “Proposta para o desenvolvimento de um padrão para a avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas”, Publicado e apresentado no Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM2000), Natal – RN, Brasil.
- Bryant, R.W. and Hodge, K.V., 1994, “A Clinical Evaluation of Posterior Composite Resin Restorations”, Australian Dental Journal, V.39, No. 2, pp. 77-81.
- Coelho, R.T., 1991, “Estudo experimental da propriedade de dressagem de rebolos na retificação de precisão usando o método do disco retificado”, São Carlos, 122 p., Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- De Gee, A.J., Pallav, P. and Davidson, C.L., 1986, “Effect of Abrasion Medium on Wear of Stress-bearing Composites and Amalgam in vitro”, J Dent Res. V.65, No. 5, pp. 654-658.
- Dias, A.C.P., 1995, “Estudo e desenvolvimento de um método e um banco de ensaios para a avaliação do desempenho de resinas para restaurações odontológicas, assistido por computador”, Bauru, 143 p., Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- Dickinson, G.L., Gerbo, L.R. and Leinfelder, K.F., 1993, “Clinical evaluation of a highly wear resistant composite”, Amer. J. Dent., V.6, No. 2, pp. 85-7.
- Dickson, G., 1979, “Physical and Chemical Properties and Wear”, J. Dent Res., V.58, No. 5, pp. 1535-1543.
- Krejci, I., Lutz, F. and Zedler, C., 1992, “Effect of contact area size on enamel and composite wear”, J. dent. Res., V.71, No. 7, pp. 1413-16.
- Pallav, P., Davidson, C.L. and De Gee, A.J., 1988, “Wear rates of composites, an amalgam, and enamel under stress-bearing conditions”, J. Prosth. Dent., V.59, No. 4, pp. 426-9.
- Suzuki, S. and Leinfelder, K.F., 1993, “Localized wear and marginal integrity of posterior resin composites”, Amer. J. Dent., V.6, No. 4, pp. 199-203.
- Suzuki, S., Suzuki, S.H. and Cox, C.F., 1996, “Evaluating the antagonistic wear of Restorative Materials when placed against human enamel”, J. Amer dent. Ass., V.127, No. 1, pp. 74-80.

- Taylor, D.F., Bayne, S.C., Sturdevant, J.R. and Wilder, A.D., 1989, "Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations", Dent. Mat., V.5, No. 3, pp. 157-60.
- Wassell, R.W., McCabe, J.F. and Walls A.W.G., 1994, "A Two-body Frictional Wear Test", J Dent Res., V.73 (9). pp. 1546-1553.
- Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M. and Vanherle, G., 1993, "Three-year Follow-up of Five Posterior Composites: in vivo Wear", J Dent Res., V.21, pp. 74-78.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

STUDY OF THE ABRASIVE WEAR OF THE COMPOSITE RESINS OF THE BRAZILIAN MARKET

Eduardo Carlos Bianchi

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: bianchi@feb.unesp.br.

Márcio Rodrigo Poggi

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: poggimr@hotmail.com.

Rodrigo Daun Monici

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP (Bauru) - Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, S/N – CEP: 17033-360, Bauru - S.P.; e-mail: daun@feb.unesp.br.

César Antunes de Freitas

Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB - USP – CEP: 17043-101, Bauru - S.P.; e-mail: cfreitas@fob.usp.br.

Ana Rita Rodrigues Bianchi

Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB - USP – CEP: 17043-101, Bauru - S.P.; e-mail: anaritarb@hotmail.com.

Abstract. *This work has for objective to present a proposal to the evaluation of the abrasive wear of composite resins available in the national market, materials largely used in dental clinics for functional and aesthetic teeth restorations. For this it is used a test bed where a dynamic disk, covered with porcelain, wears a static disk covered with the resin that it's intended to be tested, through the application of a pre-defined load on the system, doing that the dynamic disk be pressed against the static one. So, through mathematical developments adequate to the test bed structure, besides a continuous acquisition of the system displacement related with the time, it's possible to measure the aggressiveness (capacity of a material to wear another one) obtained to each resin, according its concerning suffered wear. In this way it is obtained a concrete classification of the resins according their abrasive wear resistance, factor extremely important in their durability in dental restorations. For the ten tested resins it's obtained the following decreasing classification: FILTEK Z250, TETRIC FLOW, REVOLUTION, PRODIGY, TETRIC CERAM, HERCULITE, FILLMAGIC, TPH, CHARISMA and Z100.*

Keywords. *composite resin, abrasive wear, evaluation methods, aggressiveness.*