

**PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PADRÃO  
PARA A AVALIAÇÃO DO DESGASTE ABRASIVO  
DE RESINAS COMPOSTAS**

**Eduardo Carlos Bianchi**  
**Eraldo Jannone da Silva**  
**Alexandre Pegoraro Xavier**

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Mecânica, 17033-360, Bauru, SP, Brasil. E-mail: [bianchi@bauru.unesp.br](mailto:bianchi@bauru.unesp.br).

**César Antunes de Freitas**  
**Ana Rita Rodrigues Bianchi**

Universidade de São Paulo, Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários, 17043-101, Bauru, SP, Brasil.

## **Resumo**

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um banco de ensaios e uma metodologia para o estudo do desgaste abrasivo de resinas compostas. Para a verificação do funcionamento do banco de ensaio e a comparação da metodologia proposta com outras já existentes, foram estudadas as 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.

**Palavras-chave:** Desgaste abrasivo, resina composta, tribologia de resinas compostas

## **1. INTRODUÇÃO**

As resinas compostas foram desenvolvidas com o objetivo de reparar as perdas de material dentário do ser humano, seja esta perda por acidentes ou oriunda de alguma cirurgia dentária para melhorar as condições de vida de outrém.

Dentre os vários materiais existentes que poderiam ser utilizados para este fim, as resinas compostas foram escolhidas por apresentarem menor desgaste, maior facilidade de manuseio (são vendidas em tubos como os de uma pasta dental) e por possuir uma maior semelhança

com a coloração dos dentes humanos, tornando-se praticamente imperceptível após sua aplicação.

O ideal seria que os materiais restauradores odontológicos se desgastassem de modo semelhante ao esmalte dentário; o que evidentemente não ocorre devido as características de cada material. O principal problema na utilização das resinas compostas é o seu desgaste, 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 estiver gasta, é necessária.

Segundo Condon e Ferracani (1997); Dahl e Oilo (1994); Dickinson et al. (1993, para a análise do desgaste de resinas compostas são 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 (Bryant e Hodge, 1994).

Um dos principais problemas enfrentados 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 haviam sofrido variações em sua composição. Os testes clínicos apresentam inconvenientes como a dificuldade de controle da frequência dos pacientes, a variedade de hábitos alimentares e de formas de mastigação, influenciados pelo pH da saliva da cavidade bucal de cada paciente, dentre outros.

Quanto aos teste laboratoriais (*in vitro*), alguns podem ser simples e outros tão complexos quanto os clínicos. A inexistência de um método aceito internacionalmente para avaliar o desgaste abrasivo de resinas e as diferentes metodologias empregadas dificulta a análise comparativa entre os resultados obtidos para as resinas até hoje ensaiadas.

O objetivo deste trabalho é o de propor um padrão para a avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas para a comunidade científica e fabricantes. Para isso desenvolveu-se um banco de ensaios, o qual foi inicialmente avaliado, sofrendo então as alterações necessárias. Este foi comparando os resultados obtidos, os quais utilizaram a versão inicial do método (balança de agressividade) e pôde-se confirmar a eficiência do novo método proposto.

## **2. DESGASTE DE RESINAS COMPOSTAS**

Carvalho e Salgado (1997), afirmam que a partir da descoberta da resina composta, há mais de 25 anos, por Bowen (1963), nenhum outro material recebeu tanta atenção na odontologia. A crescente demanda estética nos consultórios odontológicos, onde o desejo do branco dos dentes naturais ocupou o lugar do amarelo do ouro em dentes posteriores, coincide com o surgimento de uma gama variada de novos materiais e técnicas. Isso pode gerar confusão ao profissional no uso da resina composta (principalmente a posterior), levando à resultados clínicos insatisfatórios.

Hirano et al.(1998), em seu estudo laboratorial comparativo do desgaste abrasivo de quatro diferentes tipos resinas contra um esmalte abrasivo, afirmam que a mais importante propriedade física dos “dentes artificiais”, utilizados em restaurações, é a resistência ao desgaste abrasivo. No passado os materiais mais utilizados para este fim foram a porcelana e a resina. A porcelana possui uma elevada resistência ao desgaste e melhor estabilidade de coloração do que a resina; entretanto, a porcelana possui uma maior propensão à fratura. Por outro lado, as resinas possuem excelente resistência e adesão a base do dente; entretanto, sua resistência ao desgaste abrasivo ao longo do tempo é questionada.

Pesquisas tem sido desenvolvidas para melhorar a resistência ao desgaste abrasivo das resinas compostas. Os aparelhos para testes laboratoriais (*in vitro*) utilizados para pesquisa de desgaste abrasivo, em sua maioria, envolvem uma boca artificial que simula os movimentos

de mastigação. Os autores desenvolveram um meio alternativo de simular estes movimentos e estudar laboratorialmente o desgaste abrasivo das resinas compostas.

O método utilizado foi o de construir corpos-de-prova posicionando a resina composta sobre a superfície oclusal de cada dente. Cinco esmaltes abrasivos e cinco corpos-de-prova foram utilizados para cada ensaio. Um abrasivo e um corpo-de-prova são posicionados na máquina para análise de desgaste abrasivo e ensaiados por 5.000 ciclos (onde é inserido um fluido entre as superfícies - saliva humana), seguido por um adicional de 5.000 ciclos; ou seja, um total de 10.000 ciclos com uma carga de 13,4 N. O aparelho desenvolvido para análise do desgaste estabelece o contato entre o esmalte abrasivo e a superfície do dente artificial (corpo-de-prova) por 10.000 ciclos. Todos os testes de desgaste abrasivo foram realizados com a presença de saliva humana. O desgaste dos corpos de prova foi medido por meio de um perfilômetro posicionado em quatro pontos ao longo da superfície circular criada pelo abrasivo na superfície do corpo de prova. A máxima profundidade na faixa de desgaste em relação a superfície não desgastada foi considerada como a quantidade de material desgastado. A precisão destas medidas foi de aproximadamente 1 µm.

Os autores afirmam que avaliar a taxa de desgaste abrasivo das resinas compostas é importante devido a sua influência na manutenção da eficiência da mastigação, na dimensão vertical da superfície oclusal e na estabilidade da superfície oclusal.

Na tabela 1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão obtidos nos resultados por Hirano et al.(1998), sendo calculado, segundo Costa Neto (1977) o coeficiente de variação o qual é definido como o quociente entre o desvio padrão e a média. É frequentemente expresso em porcentagem. Sua vantagem é caracterizar a dispersão dos dados em termos relativos a seu valor médio..

**Tabela 1.** Valores médios e o desvio padrão dos resultados obtidos por Hirano et al.(1998).

	<b>Média dos valores e desvio padrão do desgaste após 5.000 ciclos na máquina de testes [mm]</b>	<b>Coefficiente de Variação [%]</b>
<b>Myerson</b>	0,0034 ± 0,0017	50,0
<b>DB Plus</b>	0,0034 ± 0,0022	64,7
<b>Classic</b>	0,0050 ± 0,0029	58,0
<b>KensonTPH</b>	0,0060 ± 0,0023	38,3
	<b>Média dos valores e desvio padrão do desgaste após 10.000 ciclos na máquina de testes [mm]</b>	<b>Coefficiente de Variação [%]</b>
<b>Myerson</b>	0,0040 ± 0,002	47,5
<b>DB Plus</b>	0,0042 ± 0,002	47,6
<b>Classic</b>	0,0082 ± 0,004	48,7
<b>KensonTPH</b>	0,0098 ± 0,008	81,6

Barkmeier et al.(1999) afirmam que novas resinas compostas tem sido desenvolvidas com um potencial de substituir o amálgama. Propõem determinar e comparar o desgaste abrasivo localizado de três resinas compostas de “alta densidade” (Alert, Solitair e Surefil) e duas resinas compostas “convencionais” (TPH e Z-100). Os corpos-de-provas foram preparados de modo a obter uma superfície polida. O perfil da superfície foi registrado utilizando-se um perfilômetro. Os corpos-de-prova foram submetidos à 400.000 ciclos na máquina de desgaste de Leinfelder (o autor não cita informações adicionais sobre a referida máquina). Após o ensaio, um segundo perfil do corpo-de-prova foi gerado e comparado ao primeiro utilizando o “software” AnSur 3D. O volume total removido e a máxima profundidade de desgaste abrasivo em cada corpo-de-prova foram calculados. Os resultados por eles obtidos é apresentado da tabela 2. Finalmente, concluem que existe uma diferença significativa no desgaste abrasivo localizado das cinco resinas compostas analisadas.

**Tabela 2.** Os resultados do estudo de Barkmeier et al.(1999).

	<b>Volume removido [mm<sup>3</sup>]</b>	<b>Coefficiente de Variação [%]</b>
<b>Z-100</b>	0,010 ± 0,003	30,0
<b>SureFil</b>	0,014 ± 0,004	28,6
<b>Alert</b>	0,016 ± 0,005	31,3
<b>Spectrum TPH</b>	0,042 ± 0,003	7,1
<b>Solitaire</b>	0,062 ± 0,008	12,9
	<b>Profundidade máxima [µm]</b>	<b>Coefficiente de Variação [%]</b>
<b>Z-100</b>	69,2 ± 8,8	12,7
<b>SureFil</b>	82,6 ± 11,4	13,8
<b>Alert</b>	80,9 ± 15,4	19,0
<b>Spectrum TPH</b>	125,2 ± 11,1	8,9
<b>Solitaire</b>	159,2 ± 15,0	9,4

### 3 - METODOLOGIA

O processo de revestimento do disco metálico com resina é manual, não possuindo precisão em relação a batida radial. Para remover as imperfeições geométricas e dimensionais e eliminar a camada viscosa remanescente, os discos foram previamente usinados com um rebolo grosso, numa máquina retificadora.

Com o disco fixado na extremidade do cabeçote do disco dinâmico, eram preparados os discos, tanto fixo quanto o dinâmico. O disco fixo era fabricado e retirado do cabeçote, enquanto o disco dinâmico não. Isto foi realizado para minimizar os erros de descentralização (batimento radial).

O banco de ensaios apresentado foi fabricado com dois conjuntos lineares de esferas (KGBA 2045 PP), denominada por guia de esferas recirculantes e dois eixos para rolamento linear (W20 H6/135), denominado por haste, visando um melhor desempenho do mecanismo de deslocamento do disco estático.

Para a montagem das guias no suporte (em forma de “U” invertido), já desenvolvido anteriormente, foi necessário fabricar algumas peças de união, de modo que as guias ficassem rigidamente presas ao suporte, evitando vibrações, e que permitissem um deslocamento vertical uniforme e simultâneo das duas hastes.

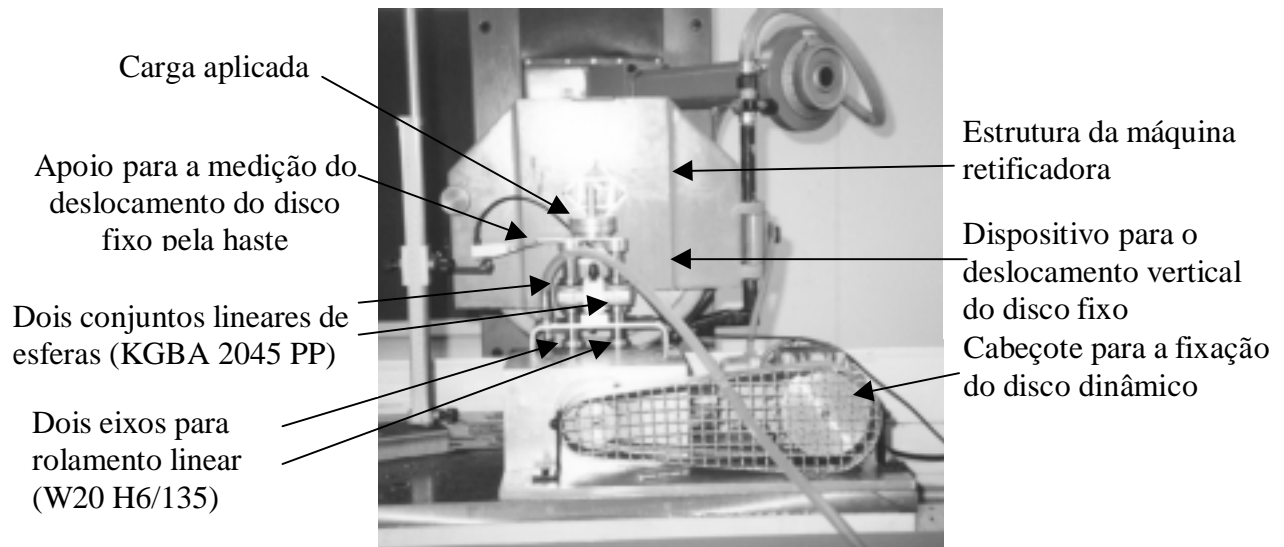
O mecanismo de deslocamento vertical foi montado com todas as partes que promovem a união das hastes, a fixação do disco estático e a carga aplicada. Todas estas peças foram confeccionadas em alumínio para redução de peso, conforme será comentado posteriormente.

Depois de cumpridas as necessidades de fabricação de discos, deu-se início à procura das melhores condições de ensaio. Primeiramente, variou-se a carga da balança. A carga foi dividida em quatro partes que se encaixavam uma na outra. Com uma mesma condição de ensaio, apenas com a variação na carga, vários ensaios foram realizados. O valor da carga que proporcionou o melhor resultado foi de 6,5 N.

Também foram realizados ensaios preliminares variando-se a rotação do cabeçote do eixo dinâmico. Quando a rotação era elevada, havia problemas relacionados a queima da superfície do material. Se a rotação fosse diminuída, a taxa de desgaste do material não era suficiente para proporcionar resultados satisfatórios. Após vários ensaios, chegou-se no valor de rotação do motor de acionamento de 30 Hz e lubrificação por água, na região de corte.

Para verificação da influência das condições iniciais no ensaio, foram realizados ensaios repetidas vezes com o mesmo disco dinâmico, podendo-se verificar que os resultados obtidos a partir do segundo ensaio, diferenciam muito do primeiro, e todos os primeiros possuem uma boa repetibilidade.

Na figura 1, é ilustrada a vista geral do banco de ensaios desenvolvido, correspondendo ao seu posicionamento em vista frontal da máquina retificadora utilizada para apoiar o banco de ensaios e retificar os discos.



**Figura 1.** Fotografia da vista frontal do banco de ensaios sobre a máquina retificadora

Para a determinação da agressividade (capacidade da porcelana em desgastar a resina) foi realizada uma adequação, por Bianchi et al. (1997), baseado no que foi apresentado por Coelho, R.T. (1991), onde a agressividade é dada por:

$$k = \frac{2b\sqrt{4r}}{3F_n} (a_1)^{2/3} \quad [\text{mm}^3/\text{N.s}] \quad (1)$$

onde: k: agressividade [ $\text{mm}^3/\text{N.s}$ ]

b: largura do disco estático [mm]

r: raio dos discos [mm]

$F_n$ : força normal aplicada [N]

$a_1$ : coeficiente angular da reta gerada pelo gráfico registrado entre o deslocamento vertical do disco estático (eixo y) com o tempo elevado a 2/3 (eixo x), conforme descrito no modelamento matemático desenvolvido por Coelho, R. T. (1991)

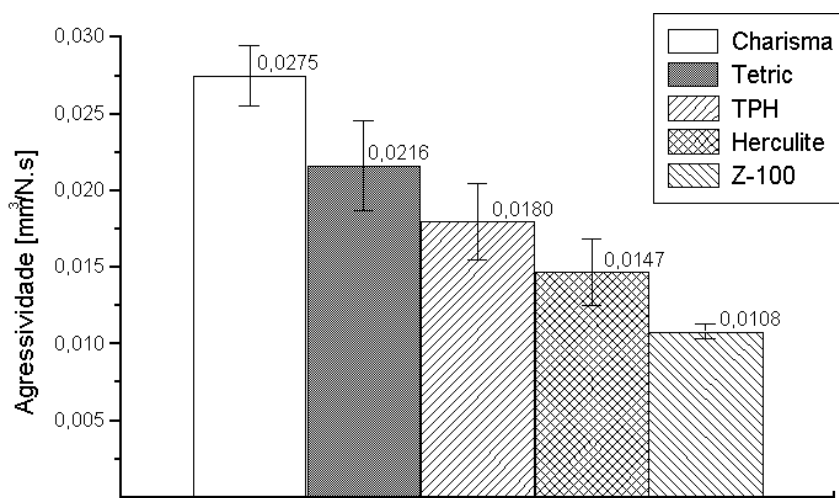
O ensaio era realizado colocando-se um disco (dinâmico) mais largo no cabeçote e um disco (estático) mais estreito no dispositivo vertical de deslocamento. Com o eixo do disco dinâmico parado, aproximava-se cuidadosamente o disco estático até que estes se tacassem. Para o início do ensaio, liga-se o motor de acionamento e, ao mesmo tempo, os valores relativos ao deslocamento eram registrados (via software) para posterior análise. O ensaio terminava quando o deslocamento vertical máximo fosse de 450  $\mu\text{m}$ .

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS DEFINITIVOS

Os ensaios foram realizados com a observação de se manter um mesmo padrão de ações físicas durante todos os experimentos com todas as cinco resinas compostas que são: Charisma, Herculite, TPH, Tetric e Z-100.

Após o final dos ensaios com cada tipo de resina composta a cerâmica foi retificada de modo a manter a sua superfície sempre nova para os ensaios com um novo tipo de resina.

A agressividade média e o desvio-padrão obtidos para cada resina ensaiada são mostrados na figura 2.



**Figura 2.** A agressividade média e o desvio-padrão obtidos para cada resina ensaiada

Para a análise dos resultados de agressividade obtidos, utilizou-se o método One-Way ANOVA e o Teste de Tukey para as comparações entre os grupos de resinas testadas.

Ao realizar-se o teste One-way ANOVA, com os valores originais da agressividade para cada resina, este conjunto de dados não apresentava uma distribuição normal, pré-requisito básico para a aplicação do teste One-way ANOVA, o qual é um teste paramétrico.

Sendo assim, visando-se obter a normalidade do conjunto de dados, os valores individuais de agressividade para cada resina foram transformados matematicamente, sendo-lhes extraída a raiz quadrada dos valores individuais.

Utilizando-se os valores transformados de agressividade (raiz quadrada dos valores iniciais), executou-se novamente o teste One-way ANOVA, obtendo-se então a normalidade dos dados, sendo possível a execução e a continuidade do teste.

O quadro de Análise de Variância é apresentado na tabela 3. Foi verificada diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,001$ ).

**Tabela 3.** Análise de Variância - um critério de classificação (One-way ANOVA)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	"F"	p
Entre grupos	0,0157	4	0,00392	63,487	<0,001
Resíduo	0,00185	30	0,0000618		
<b>Total</b>	<b>0,0176</b>	<b>34</b>			

Para as comparações múltiplas entre os grupos (tipos de resina), utilizou-se o Teste de Tukey, com 5% de significância. O resultado obtido é apresentado na tabela 4.

Conforme apresentado na tabela 3, todas as comparações efetuadas mostraram-se significantes ( $p < 0,05$ ), ou seja, para o nível de significância de 5%, houve diferença estatística para cada comparação individual.

Sendo assim, a mesma apresenta a agressividade das resinas em ordem decrescente ( $p < 0,05$ ). Como a agressividade é inversamente proporcional à resistência ao desgaste, tem-se que, as resinas podem ser assim classificadas quanto à resistência ao desgaste, em ordem

crescente: Charisma (menor resistência ao desgaste), Tetric, TPH, Herculite e Z-100 (maior resistência ao desgaste) ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Comparações múltiplas entre os grupos (\* - teste significativo  $p < 0,05$ )

	Charisma	Tetric	TPH	Herculite	Z-100
Charisma		*	*	*	*
Tetric	*		*	*	*
TPH	*	*		*	*
Herculite	*	*	*		*
Z-100	*	*	*	*	

Os resultados obtidos aproximam-se daqueles obtidos por Barkmeier et al.(1999) nos quais, ao comparar e determinar o desgaste abrasivo localizado de três resinas compostas de “alta densidade” (Alert, Solitair e Surefil) e duas resinas compostas “convencionais” (TPH e Z-100), foi possível determinar que a resina Z-100 foi a que apresentou menor desgaste dentre as resinas por eles testadas.

Para facilitar a análise comparativa entre o método proposto no presente trabalho e os métodos de por Hirano et al.(1998) e Barkmeier et al.(1999), foi elaborada a tabela 5.

**Tabela 5.** Valores médios e o desvio padrão dos resultados obtidos

Resina	Média e desvio padrão dos valores de Agressividade [mm <sup>3</sup> /N.s]	Coefficiente de Variação [%]
Charisma	0,027 ± 0,0020	7,2
Tetric	0,022 ± 0,0029	13,5
TPH	0,018 ± 0,0025	13,8
Herculite	0,015 ± 0,0021	14,6
Z-100	0,011 ± 0,0005	4,5

Pode-se verificar que no trabalho de Hirano et al.(1998) os valores do Coeficiente de Variação [%], mínimo e máximo, respectivamente, oscilaram de 38,3 à 64,7, para o desgaste após 5.000 ciclos na máquina de testes (mm), e de 47,5 à 81,6, para o desgaste após 10.000 ciclos na máquina de testes (mm).

Nos resultados obtidos por Barkmeier et al.(1999), nota-se que os valores do coeficiente de variação [%], mínimo e máximo, respectivamente, obtidos no cálculo do volume de material removido, variou de 12,9 à 30,0, mesmo tendo sido medido os valores de profundidade máxima com coeficiente de variação [%] entre 8,9 e 19,0.

Nos resultados obtidos no presente trabalho, os valores do coeficiente de variação [%], mínimo e máximo, respectivamente, variaram entre 4,5 e 13,8.

Pode-se notar que o método proposto no presente trabalho foi o que apresentou os menores valores mínimo, máximo e faixa de variação para o coeficiente de variação.

## 5 - CONCLUSÕES

A análise dos resultados encontrados, sua precisão e repetibilidade, acompanhados pela rapidez de realização de cada ensaio permite concluir que o banco de ensaios proposto atende às exigências iniciais de garantir um método seguro e rápido de se analisar o desgaste abrasivo das resinas compostas.

Com base na análise estatística pode-se afirmar que o banco de ensaios aqui proposto pode avaliar a propriedade de resistência ao desgaste abrasivo de uma resina composta de modo rápido e preciso, o que corresponde às expectativas iniciais de seus pesquisadores, que

podem agora propô-lo aos especialistas como um modo padrão de avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas.

Através dos ensaios realizados e da análise estatística empregada para a interpretação dos resultados, as resinas testadas podem ser assim classificadas quanto à resistência ao desgaste, em ordem crescente: Charisma (menos resistente ao desgaste), Tetric, TPH, Herculite e Z-100 (mais resistente ao desgaste) ( $p < 0,05$ ).

Dos métodos apresentados na literatura formal, o que foi proposto no presente trabalho apresentou a menor variação no intervalo do coeficiente de variação. Ressalta-se também o fato de que nos métodos usuais a unidade de medida de desgaste é volume [ $\text{mm}^3$ ], enquanto que no presente método a agressividade é calculada tomando-se o desgaste, de um certo volume de resina, por unidade de força aplicada e tempo de ensaios [ $\text{mm}^3/\text{N.s}$ ], o que garante uma maior confiabilidade nos resultados obtidos.

## 6 - AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossos agradecimentos a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio cedido para este trabalho e a FUNDUNESP (Fundação Para o Desenvolvimento da UNESP) pelo apoio na obtenção da sua patente.

## 7 - REFERÊNCIAS

- BARKMEIER, W. W.; WILWERDING, T. M.; LATTA, M. A.; BLAKE, S. M. *In vitro* Wear Assessment of High Density Composite Resins. Journal of Dental Research, 77<sup>th</sup> General Session of the IADR, Vol. 78, p. 78, March 1999
- BOWEN, R.L. Properties of silica reenforced polymer for dental restorations. J. Amer. Dent. Ass., v. 66, n.1, p.57-64, 1963.
- BRYANT, R. W.; HODGE, K. V.; A Clinical Evaluation of Posterior Composite Resin Restorations. Australian Dental Journal. Vol. 39. Number 2. p. 77 - 81. 1994.
- CARVALHO M. E. A. B. & SALGADO F. Resina composta posterior. Artigo publicado em 31 de outubro de 1997 no [www.odontologia.com.br](http://www.odontologia.com.br) - Catálogo da Odontologia na Internet <http://odontologia.com.br/artigos/resina-composta-posterior.html>.
- CONDON, J. R. & FERRACANI, J. L. *In vitro* Wear of Composite with Varied Cure, Filler level, and Filler Treatment. J. dent. Res., v. 76, n. 7, p. 1405-1411, January 1997.
- COSTA NETO, P.L.O. Estatística. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. p. 264, 1977.
- DAHL, B. L.; OILO, G.; *In vivo* Wear Ranking of Some Restorative Materials. Quintessence International. Vol. 25. Number 8. p. 561 - 565. 1994.
- DICKINSON, G. L.; GERBO, L. R.; LEINFELDER, K. F.; Clinical Evaluation of Highly Wear Resistant Composite. American Journal of Dentistry. Vol. 6. Number 2. p. 85 - 87. 1993.
- HIRANO, S.; MAY, K. B.; WAGNER W. C.; HACKER, C. H. *In vitro* wear of resin denture teeth. The journal of prosthetic dentistry, Vol. 79, Number 2, p. 152-155, fev. 1998.