

# Resistência ao atrito em um sistema ortodôntico - Um estudo *in vitro*

Isabela Braga Strausz, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, IME / 1ª Odontoclínica do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, e-mail: [draisabela@oi.com.br](mailto:draisabela@oi.com.br)

Ricardo Pondé Weber, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, IME, e-mail: [rpweber@ime.eb.br](mailto:rpweber@ime.eb.br)

João Carlos Miguez Suarez, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, IME, e-mail: [jmiguez@ime.eb.br](mailto:jmiguez@ime.eb.br)

## Introdução

Os sistemas ortodônticos têm como objetivo corrigir o posicionamento dentário, devendo, em consequência, apresentar bom desempenho nas condições existentes no ambiente bucal, onde estão sujeitos a solicitações mecânicas e térmicas e expostos a diversos agentes de degradação [1]. Dentre os componentes de um sistema ortodôntico destaca-se o conjunto bráquete-fio, pois uma parte substancial do movimento dentário é obtida pelo movimento de deslizamento do bráquete ao longo do fio ortodôntico, gerando uma força de atrito entre eles e que se opõe ao movimento dentário. Uma menor força de atrito facilita o movimento dos dentes, pois minimiza a força necessária para a realização do deslocamento dentário facilitando a obtenção das desejadas respostas teciduais biológicas, pois menores serão as cargas a serem suportadas pelos dentes e pelos tecidos periodontais. Todavia, os agentes ambientais existentes na boca podem produzir alterações nos materiais constitutivos dos componentes ortodônticos modificando as suas propriedades, o que poderá comprometer a biomecânica do aparelho ortodôntico influenciando o seu desempenho [2]. O presente trabalho teve como objetivo estabelecer uma metodologia para a avaliação da força de atrito em um sistema ortodôntico com bráquete polimérico.

## Experimental

Neste trabalho foi estudado um sistema ortodôntico, avaliando-se a força de atrito em um conjunto bráquete polimérico-fio de aço inoxidável, antes e após a sua imersão em agentes ambientais *in vitro*. Foram empregados 30 dentes sisos permanentes de humanos, direitos e esquerdos, extraídos por indicações diversas, que foram limpos com gaze e cureta periodontal, lavados com soro fisiológico e armazenados em água destilada sob refrigeração, por, no máximo, 6 (seis) meses. Foram utilizados, também, 30 bráquetes, do tipo estético, fabricados com um material compósito, matriz de policarbonato e reforço de fibra de vidro (70%/30%, em volume), sistema Roth, tipo Morelli Composite® (Dental Morelli Ltda, Sorocaba, SP). Foi empregado um fio ortodôntico de aço inoxidável com seção retangular de 0.017" x 0.025", fornecido sob a forma de varetas com 360mm de comprimento, fabricado, também, pela empresa Dental Morelli Ltda.

O conjunto dente-bráquete, colado com o adesivo fotopolimerizável de uso odontológico marca Fill Magic Ortodôntico (Vigodent S/A Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, RJ), visando simular as condições de degradação presentes na cavidade bucal (*in vitro*), foi imerso, por 20 dias, em um equipamento com circulação forçada, tipo banho-maria, marca

Quimis modelo Q334M, em saliva artificial e em uma solução de ácido clorídrico com pH variando entre 5,0 e 5,5, na temperatura de 37°C.

O ensaio de atrito foi realizado, na temperatura ambiente, em um dispositivo de ensaio especialmente desenvolvido, projetado para a obtenção de um deslize do fio ortodôntico sobre a canaleta do bráquete, gerando atrito entre os mesmos. Foram ensaiados, por condição, 10 (dez) corpos de prova, formados por conjuntos dente-bráquete-fio, tendo sido determinado um valor médio para o coeficiente de atrito entre o bráquete polimérico e o fio de aço inoxidável.

A rugosidade da canaleta do bráquete, antes e após o ensaio de atrito, foi avaliada, em cada condição, por meio de um rugosímetro digital marca Mitutoyo modelo SJ-201, tendo sido realizadas 5 medidas em diferentes locais da superfície interna da canaleta, determinando-se um valor médio de rugosidade. A rugosidade superficial foi, também, avaliada com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca Jeol 5800LV, observando-se diretamente a superfície interna da canaleta, antes e após o ensaio de atrito, em cada condição.

## Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta, antes e após a imersão nos agentes ambientais, saliva artificial e solução ácida, os valores médios do coeficiente de atrito estático ( $\mu_s$ ) obtidos a partir da média dos valores da força de atrito estática determinada no ensaio de atrito do conjunto dente-bráquete-fio, com uma significativa variação nos valores do desvio padrão.

**Tabela 1: Resultados médios obtidos no ensaio de atrito do conjunto dente-bráquete-fio ortodôntico, antes e após imersão nos agentes ambientais**

Condição	Força de atrito estática (N)		Coeficiente de atrito estático ( $\mu_s$ )	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
"como recebido"	0,73	0,16	0,37	0,08
Após imersão em Saliva artificial	0,86	0,13	0,44	0,06
Após imersão em Solução ácida	1,05	1,95	0,53	0,27

Verifica-se que a imersão nos agentes ambientais modifica a força de atrito estático e, conseqüentemente, o valor do coeficiente de atrito estático do conjunto dente-bráquete-fio ortodôntico. Observa-se, ainda, que a imersão na solução ácida produziu, em relação ao material "como recebido" e à imersão na saliva artificial, um maior aumento no atrito interfacial do conjunto. Este maior aumento no valor do coeficiente de atrito pode ser atribuído ao fato de que a imersão na solução ácida deve ter produzido maiores alterações na superfície da canaleta do bráquete e,

conseqüentemente, uma maior rugosidade superficial [3,4].

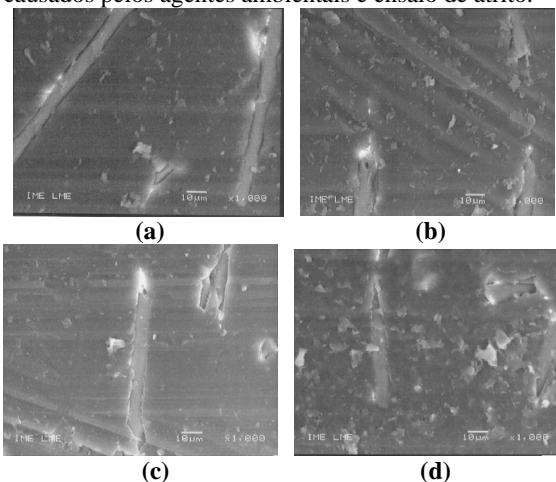
A **Tabela 2** apresenta as médias dos valores de rugosidade das superfícies das canaletas dos bráquetes compósitos, “como recebido” e após a imersão nos agentes ambientais, antes e após o ensaio de atrito.

**Tabela 2: Valores médios da rugosidade superficial das canaletas dos bráquetes, antes e após o ensaio de atrito, antes (“como recebido”) e após imersão em saliva artificial e na solução ácida**

Condição	Antes do atrito		Após o atrito	
	Rugosidade	Desvio padrão	Rugosidade	Desvio padrão
“Como recebido”	0,44	0,03	0,78	0,01
Após imersão em saliva artificial	0,80	0,06	0,92	0,04
Após imersão em solução ácida	1,26	0,04	1,54	0,05

Os resultados acima mostram que a imersão nos agentes ambientais aumentou a rugosidade da superfície das canaletas dos bráquetes, verificando-se que a imersão na solução ácida produziu uma maior alteração na rugosidade. O baixo desvio padrão obtido nas medidas de rugosidade indica que o ensaio realizado com o rugosímetro digital apresenta, em relação ao ensaio de atrito, uma maior confiabilidade. O aumento da rugosidade após a imersão nos agentes ambientais pode ser atribuído a uma degradação oxidativa que ocorre na matriz de policarbonato do bráquete quando exposta a certos tipos de agentes ambientais [5].

Microfotografias típicas, por MEV, das superfícies das canaletas dos bráquetes compósitos, antes e após o ensaio de atrito, estão mostradas na **Figura 1**, antes e após imersão nos agentes ambientais, podendo-se observar aspectos característicos da rugosidade superficial em materiais poliméricos. Assim, pode-se comparar a rugosidade das canaletas dos bráquetes através do seu aspecto superficial e associar aos efeitos causados pelos agentes ambientais e ensaio de atrito.



**Figura 2: Microfotografias, por MEV, das superfícies das canaletas dos bráquetes compósitos: (a) “como recebido”, antes do ensaio de atrito; (b) “como recebido”, após o ensaio; (c) imerso em saliva artificial, após o ensaio de atrito; (d) imerso em solução ácida, após o ensaio de atrito**

A observação microscópica das canaletas dos bráquetes, antes e após o ensaio de atrito, mostra que a

sua rugosidade foi modificada pela fricção produzida na matriz polimérica pelo deslizamento do fio ortodôntico de aço. A observação dos bráquetes após a sua imersão na solução ácida mostra que a superfície interna das canaletas apresenta, em relação as dos conjuntos “como recebido” e imerso em saliva artificial, uma mudança no aspecto superficial. A imersão na solução ácida produziu uma maior rugosidade superficial, com ocorrência de trincas e de pequenas partículas sacadas fora da matriz de PC que se distribuem aleatoriamente na superfície do compósito. A existência destes distintos aspectos topográficos indica que o ataque químico resultante da imersão na solução ácida resultou em uma maior degradação no compósito com a remoção de partes da matriz polimérica do bráquete. As observações microscópicas por MEV estão de acordo com as medidas de rugosidade e suportam os resultados obtidos no ensaio de atrito; quanto maior a rugosidade superficial das canaletas dos bráquetes, maior deverá ser o atrito interfacial no conjunto bráquete-fio [6].

### Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir o seguinte:

- A imersão nos agentes ambientais, saliva artificial e solução ácida, produziu modificações estruturais na matriz de policarbonato do bráquete compósito.
- O pH do meio de imersão influencia a degradação do bráquete compósito, sendo que o meio ácido produz maior degradação do que o neutro (saliva artificial).
- A degradação produzida pela exposição aos agentes ambientais, ao aumentar a rugosidade da superfície das canaletas dos bráquetes compósitos, modifica as forças que influenciam o movimento dentário, afetando o tratamento ortodôntico.
- O aumento da força de atrito, devido a maior rugosidade superficial da canaleta do bráquete compósito, modifica o estado de tensões vigentes, influenciando a mecânica de deslize e, conseqüentemente, a biomecânica ortodôntica.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, FAPERJ e CNPq pelo apoio financeiro.

### Referências bibliográficas

- [1] Karamouzos, A.; Athanasiou, A.E.; Papadopoulos, M.A., Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., v.112, n.1, p.34-40, 1997.
- [2] Moszner, N. ; Salz, U., Prog. Polym. Sci., v.26, p.535-576, 2001.
- [3] Pratten, D.H.; Popli, K.; Germane, N.; Gunsolley, J.C., Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., v.98, n.5, p.398-403, 1990.
- [4] Michelberge, R, D.J.; Eadle, R.L.; Faulker, M.G.; Glover, K.E.; Prasad, N.G.; Major, P.W., Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., v.118, n.6, p.662-674, 2000.
- [5] Watanabe, M., J. Med. Dent. Sci., v.51, p.1-6, 2004.
- [6] Grosogeat, B.; Jablonska, E.; Vernet, J.-M.; Jaffrezic, N.; Lissac, M.; Ponsonnet, L., Mater. Sci. Eng., v.26C, p.267-272, 2006.