

ANÁLISE DA MICROPOROSIDADE EM LIGAS NÃO NOBRES: EFEITO DO ATAQUE ELETROQUÍMICO, TEMPO, DISTÂNCIA ÂNODO/CÁTODO*

Maria Salete Machado CANDIDO*
Wellington DINELLI*
Sizenando de Toledo PORTO NETO*
Fernando MANDARINO*
Marcelo Ferrarezi de ANDRADE*

- **RESUMO:** O presente estudo analisou a profundidade média dos microporos quando duas ligas não nobres (Ni-Cr e Co-Cr) foram atacadas eletroquimicamente em função de diferentes tempos e distâncias ânodo/cátodo sob uma densidade de corrente elétrica constante. Os autores puderam concluir que o ataque eletroquímico condicionou diferente profundidade de microporos nas diversas condições experimentais, sendo as maiores profundidades encontradas nos tempos de 6 e 9 minutos; as diferentes distâncias não interferiram no ataque eletroquímico.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Ligas de cromo; corrosão ácida dentária.

Introdução

Com objetivo de restabelecer a estética e a função dos arcos dentais na ausência de um ou mais elementos, o profissional lança mão de tratamento restaurador representado pelas próteses parciais fixas ou próteses parciais removíveis.

Embora as próteses parciais fixas sejam mais recomendadas que as próteses parciais removíveis, deve ser considerado que para aquelas o preparo em dentes pilares exige, na maioria dos casos, remoção de grande volume de estrutura dental, muitas vezes sadia, tornando-se, dessa forma, um tratamento restaurador biologicamente pouco conservador.

Com o aparecimento e evolução das resinas compostas, observa-se grande avanço no campo da prótese odontológica, onde elementos dentais ausentes podem

* Departamento de Odontologia Restauradora - Faculdade de Odontologia - UNESP - 14801-903 - Araraquara - SP.

ser substituídos com mínimo preparo cavitário dos dentes pilares (Simonsen et al.),²⁴ efetuando-se, portanto, um tratamento conservador através da confecção de próteses parciais fixas adesivas.

As próteses adesivas podem ser confeccionadas através de métodos direto ou indireto. O método direto é aquele onde a substituição do elemento ausente se faz através da fixação de pânticos utilizando-se dentes de estoque em resina acrílica quimicamente ativada (Portnoy);¹⁹ pânticos utilizando coroas de dentes naturais extraídos (Ibsen,¹¹ Buonocore,² Simonsen,²³ Dávila & Gwinnett);⁵ ou pânticos confeccionados em resina composta a partir de matrizes pré-fabricadas, (Simonsen),²³ sem envolvimento da fase laboratorial.

Por outro lado, o método indireto é aquele que exige a confecção de uma estrutura metálica, com um pântico confeccionado em porcelana ou com resina acrílica; portanto, nesse método há envolvimento da fase laboratorial.

Esse tipo de prótese fixa adesiva foi concebido originalmente por Rochette,²⁰ para esplintagem de dentes. Como conseqüência, Howe & Denehy⁹ se preocuparam em aperfeiçoá-la e descrevê-la através de dois casos clínicos, com dois anos de permanência na cavidade oral de seus pacientes.

Dois anos mais tarde, 1979, Tanaka et al.²⁵ estudam o ataque eletroquímico de ligas não nobres para a fixação de facetas em resina, com objetivo de criar na superfície metálica inúmeros microporos, concluindo que a resistência à tração e o selamento apresentados ocorreram em níveis altamente satisfatórios.

Motivados pela técnica de Rochette²⁰ e incentivados pelos estudos de Tanaka et al.,²⁵ os autores Livaditis & Thompson,¹⁴ Del Castillo & Thompson,⁶ Simonsen et al.,²⁴ da Universidade de Maryland, descrevem uma técnica para confecção de próteses parciais adesivas indiretas onde a estrutura metálica é atacada eletroquimicamente, os dentes pilares condicionados através de ataque ácido do esmalte, e ambos fixados por meio de resina composta.

A partir de 1982, com intuito de melhorar a retenção e facilidade técnica, vários métodos para confecção de próteses adesivas indiretas foram sendo divulgados,^{4,10,16,17,18} sendo que mais recentemente Lóssio & Oliveira,¹⁵ em 1989, propuseram a técnica que denominam de Sistema "LAVA", que consiste na associação de grânulos de vidro e açúcar polvilhados sobre a superfície do padrão de cera.

Dessa forma, observa-se que, para as próteses adesivas indiretas, existe uma preocupação básica no sentido de serem melhoradas as retenções mecânicas da interface resina/estrutura metálica. Dentro desse aspecto, e apesar da informação de que de um modo geral a natureza retentiva de cada condicionamento é mais criticamente determinada pela microestrutura presente na liga, existem fatores nas fases laboratoriais do ataque eletroquímico que podem influenciar na qualidade das microrretenções a serem obtidas.²⁴

Com base nessas informações, estruturamos um projeto de pesquisa abrangente, envolvendo estudo aprofundado do ataque eletroquímico, em função de:

1. ligas Metálicas;
2. tempo de Ataque;
3. distância Ânodo/Cátodo.

Material e método

Para este estudo foram utilizados 90 corpos de prova semicirculares obtidos a partir de padrões de cera, confeccionados em matriz metálica bipartida, sugerida por Cabral.³ Após obtenção dos padrões de cera, efetuou-se fundição de 45 deles em liga (L₁) do Sistema Co-Cr (Biosil, Degussa S.A.) sendo os outros 45 restantes fundidos em liga (L₂) do Sistema Ni-Cr (Nickron G, Metalloy - Ind. e Com.), seguindo-se recomendação do fabricante.

Completada a fundição, os corpos de prova foram submetidos a polimento metalográfico e atacados eletroquimicamente, seguindo técnica proposta por Thompson,²⁶ respeitando-se os diferentes fatores de variação em seus diversos níveis, propostos neste estudo, em relação ao tempo de ataque (T₁, T₂, T₃ ou seja, 3, 6 e 9 minutos, respectivamente) e distância ânodo/cátodo (D₁, D₂ e D₃ ou seja, 1, 3 e 5 cm, respectivamente). Após ataque eletroquímico, os corpos de prova foram submetidos à limpeza ultra-sônica em ácido clorídrico a 18% por 15 minutos, sendo em seguida lavados em água corrente e secos com jatos de ar para posterior análise em microscópio metalográfico (Metalloplan, LEITZ). Durante análise microscópica, efetuou-se tomada fotomicrográfica de cada região de análise, ou seja, fotomicrografias da extremidade direita e esquerda do corpo de prova, bem como da região central. Essas fotomicrografias foram levadas ao projetor de perfil, onde foram mensuradas as profundidades dos microporos em cada condição experimental.

Resultado e discussão

Análise dos microporos

Os resultados médios obtidos nesta experimentação de cada corpo de prova constam da Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Valores médios da profundidade de microporos (μm)

Ligas	Repetições	Tempo								
		T ₁			T ₂			T ₃		
		Distância								
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
L ₁	R ₁	2,203	3,221	1,940	3,798	2,945	3,691	4,803	2,707	2,788
	R ₂	1,544	1,314	2,457	2,689	3,493	1,824	2,786	2,813	3,682
	R ₃	2,656	1,944	2,615	3,418	4,533	3,457	4,444	4,322	4,579
	R ₄	1,841	3,153	2,213	2,348	3,276	2,708	2,940	2,352	5,888
	R ₅	2,068	3,596	1,843	3,063	3,568	2,920	4,787	3,580	2,247
L ₂	R ₁	2,586	1,514	1,621	1,985	2,290	1,455	2,620	3,379	1,636
	R ₂	1,481	2,619	1,924	2,153	4,098	2,606	1,413	2,126	2,191
	R ₃	2,148	2,290	1,669	1,997	2,759	3,474	2,990	1,775	2,919
	R ₄	1,510	1,530	1,549	3,168	2,144	2,243	3,764	2,137	3,621
	R ₅	3,175	1,347	1,972	2,325	2,993	1,877	1,895	2,380	2,218

Esses dados foram submetidos a tratamento estatístico através da análise de variância, cujo resumo encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de variância

Fonte de variação	GL	SQ	QM	RQM
Ligas	1	12,538	12,538	21,881 *
Tempo	2	14,476	7,238	12,631 *
Distância	2	0,340	0,170	0,296 ns
Liga x Tempo	2	2,405	1,202	2,097 ns
Liga x Distância	2	0,053	0,026	0,045 ns
Tempo x Distância	4	3,492	0,873	1,523 ns
Liga x Tempo x Distância	4	1,625	0,406	0,708 ns
Resíduo	72	41,256	0,573	-
Total	89	-	-	-

* - significativo

ns - não significativo

A interpretação da Tabela 2 mostra que houve evidência amostral para a não-aceitação da igualdade de efeitos dos níveis dos fatores Liga e Tempo, enquanto, para o Fator Distância e todas as interações analisadas, a evidência é de aceitação da igualdade de efeitos.

Esses fatos representam que:

a) *Fator Liga*: transpareceu efeito significativo entre as ligas estudadas, e pela Tabela 3, de médias para as ligas, observa-se que a Liga L₁ (Co-Cr) foi capaz de apresentar, isoladamente, microporos com maior profundidade que a liga L₂ (Ni-Cr).

Tabela 3 – Valores médios de microporos para o Fator Liga (μm)

Liga	Média
L ₁	3,047
L ₂	2,031

Desvio padrão: 0,112

De modo geral, nossos resultados encontram respaldo em observações emitidas por diversos autores, os quais também se preocuparam em estudar, não só a superfície, mas também o efeito de soluções ácidas diversas em ligas metálicas de diferentes composições.^{1,7,8,14}

Nessas condições, em que pese o pequeno número de informações contidas na literatura, nos alicerçamos nas informações de Baran,¹ que nos diz que cada uma das ligas metálicas deverá ser submetida ao ataque eletroquímico em solução ácida específica, a fim de que melhores resultados possam ser obtidos. Do mesmo modo, Simonsen et al.,²⁴ focalizando as ligas do sistema Ni-Cr-Be, Ni-Cr e Co-Cr, mostram que cada uma delas deverá ter condições próprias de ataque, pois consideram que soluções ácidas selecionadas acentuam as características microestruturais da liga, principalmente as ligas de Ni-Cr e Cr-Co utilizadas neste trabalho, as quais apresentam microestrutura em que as fases secundárias são menos amplamente distribuídas e em menor quantidade, com dissolução do material no limite granular.

Esse fato parece poder explicar a discordância dos nossos resultados quando comparados àqueles obtidos por Tanaka et al.,²⁵ que relatam ter conseguido média de microporos em torno de 150 μm de profundidade em ligas a base Ni-Cr, cuja composição se apresentava em 84% de níquel, 8% de cromo e 5% de cobre, composição esta bem diferente da liga utilizada neste estudo, a qual é composta de 69% de níquel, 21% de cromo, 4,5% molibdênio e 3% de silício.

Como podemos observar, a quantidade de Cr existente na liga em estudo é maior do que aquela apresentada por Tanaka et al.²⁵ e, segundo Laub et al.,¹³ o conteúdo de cromo é aparentemente um fator signifiante na resistência à corrosão havendo uma tendência à passivação assinalada por Sarkar & Greener.²¹

Diante da literatura, existe consenso entre os autores de que a resistência de união encontrada na interface esmalte/resina é sempre maior que aquela da interface resina/liga metálica, sugerindo por isso mesmo que as microporosidades encontradas no esmalte atacado por ácido são maiores que aquelas obtidas nas ligas metálicas.^{12,22,24}

Se considerarmos que nessa interface esmalte/resina existem *tags* com comprimentos de 10 a 15 μm , é possível justificar a dimensão das profundidades dos microporos encontradas neste trabalho.

b) *Fator Tempo*: Também para este fator ocorreu efeito significativo. Para localizar estes efeitos, construímos a Tabela 4 de médias, e através do valor crítico de Tuckey pudemos definir que, isoladamente, o Tempo T_1 proporcionou formação de microporos de menor profundidade (2,123 μm) que nos tempos T_2 (2,843 μm) e T_3 (3,059 μm), os quais condicionaram microporos com iguais profundidades.

Tabela 4 – Média de profundidade de microporos para o Fator Tempo (μm)

Tempo	Média
T_1	2,123
T_2	2,843
T_3	3,059

Desvio padrão: 0,138

Valor crítico de Tuckey a 5%: 0,46

Com relação aos resultados médios da profundidade de microporos obtidos em função do Fator Tempo, nossos resultados confirmam a relação direta tempo/profundidade assinalada por Tanaka et al.,²⁵ bem como as informações de Dunn & Reisbick,⁷ de que maior tempo de ataque proporciona maior profundidade aos microporos, principalmente nas margens da superfície metálica atacada eletroquimicamente. No entanto, os nossos resultados de profundidade dos microporos são diferentes dos obtidos por Tanaka et al.²⁵ Provavelmente esta diferença é explicada pelo tempo de ataque utilizado por esses autores. Os autores salientam ainda que o tempo ideal de ataque deverá ser de 8 minutos, pois assim a média da profundidade de microporos será em torno de 150 μm , profundidade esta capaz de apresentar resistência de união suficiente e clinicamente aceitável. Apesar disso, entendemos não ser possível estabelecer um tempo único e definido do ataque eletroquímico desde que existe uma integração sinérgica entre diferentes fatores tais como: composição da liga, tempo, soluções e intensidade de corrente.

c) *Fator Distância*: Observando a Tabela 5, veremos que não transpareceu efeito significativo com relação ao fator distância ânodo/cátodo por nós estudada de 1, 3 e 5 cm, indicando que a profundidade dos microporos não se altera, isto é, a profundidade média de microporos é a mesma em qualquer uma delas.

Tabela 5 – Profundidade média de microporos para o Fator Distância (μm)

Tempo	Média
T ₁	2,686
T ₂	1,989
T ₃	2,594

Desvio padrão: 0.138

De acordo com a Tabela 5 de médias para o Fator Distância, pode-se inferir que pequenas variações na distância ânodo/cátodo não interferirão no efeito de ataque eletroquímico sobre a superfície da liga, embora Simonsen et al.²⁴ estabeleçam distância padrão de 1,5 cm entre ânodo/cátodo.

Um outro fato importante com relação a este aspecto é evidenciado por Tanaka et al.²⁵ quando informam que a atenção deverá estar voltada para a condição específica de que a distância ânodo/cátodo em relação à peça deverá ser a mesma em todas as regiões. Os nossos resultados parecem não confirmar essas informações, uma vez que dentro das distâncias estudadas não houve variabilidade significativa da profundidade média de microporos; por isso, a nosso ver, poderá existir uma certa flexibilidade em termos de distância ânodo/cátodo.

Conclusão

Com base na metodologia desenvolvida neste trabalho, julgamos oportuno concluir:

1) o ataque eletroquímico condicionou diferentes profundidades de microporos. A liga L₁ (Biosil) apresentou microporos de maiores profundidades quando comparados com os da liga L₂ (Nickron G);

2) o fator tempo condicionou diferentes profundidades de microporos. No Tempo T₁ (3 minutos) ocorreu a menor profundidade de microporos, enquanto nos Tempos T₂ (6 minutos) e T₃ (9 minutos) ocorreram as maiores e iguais profundidades;

3) as variações nas distâncias estudadas D₁, D₂, D₃ (1, 3 e 5 cm) não interferiram no efeito do ataque eletroquímico das ligas analisadas.

Agradecimento

Agradecemos à Sra. Lenyra Camillo Zamai, pelo apoio técnico na ordenação e digitação do presente trabalho.

CANDIDO, M. S. M. et al. Analyse of the microporosity in non-precious alloys: effect of electrochemical etching, time and anode/cathode distance. *Rev. Odontol. UNESP*. São Paulo, v. 23, n. 1, p. 101-109, 1994.

- **ABSTRACT:** *The present study was designed to analyse the average depth of the microporous when two non-precious alloys (Ni-Cr and Co-Cr), were electrochemically etched as function of different timing and anode/cathode distances, with a constant electrical current density. The authors were able to conclude that the electrochemical etch conditioned different depths of micropores for different experimental conditions, with greater depths in the case of the Co-Cr alloys; the greater depths were found in the times of 6 and 9 minutes; the distances did not interference in the electrochemical etch.*
- **KEYWORDS:** *Chromium alloys; acid etching, dental.*

Referências bibliográficas

1. BARAN, G. R. Phase changes in base metal alloys along metal-porcelain interfaces. *J. Dent. Res.*, v. 58, p. 2095-104, 1979.
2. BUONOCORE, M. G. *The use of adhesives in Dentistry*. Springfield: Charles C. Thomas, 1975. p. 334-44.
3. CABRAL, A. J. *Prótese adesiva: resistência à tração*. Efeito de artificios retentivos e de resinas de fixação. Araraquara, 1986. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.
4. COSTA, L. C. R. *Prótese fixa adesiva (retenção com tela)*. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.*, v. 40, p. 416-21, 1986.
5. DAVILA, J. M., GWINNET, A. J. Clinical and microscopic evaluation of a bridge using the acid-etch resin technique. *J. Dent. Child.*, v. 45, p. 52-6, 1978.
6. DEL CASTILLO, E., THOMPSON, V. P. Electrolytically etched NP alloys: Resin bond and laboratory variables. In: GENERAL SESSION OF IADR, 60, New Orleans, 1982. Apud *J. Dent. Res.*, v. 61, (special issue A), p. 186, 1982, (Abstract 64).
7. DUNN, B., REISBICK, M. H. Adherence of ceramic coatings on chromium-Cobalt structures. *J. Dent. Res.*, v. 55, p. 328-32, 1976.
8. GOMES, J. C. *Ataque eletroquímico em ligas de Ni-Cr e Co-Cr. Efeito de soluções, tempos e densidades de corrente*. Araraquara, 1986. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.

9. HOWE, D. F., DENEHY, G. E. Anterior fixed partial dentures utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework. *J. Prosthet. Dent.*, v. 37, p. 28-31, 1977.
10. HUDGINS, J. L. et al. Particle-roughened resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 53, p. 471-6, 1985.
11. IBSEN, R. L. Fixed prosthetics with a natural crown pontic using an adhesive composite. *J. S. Calif. Dent. Assoc.*, v. 41, p. 100-2, 1973.
12. LASWELL, H. R. et al. Attachment of resin restorations to acid pretreated enamel. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 82, p. 558-63, 1971.
13. LAUB, L. W. et al. Corrosion behavior of nickel-chromium casting alloys. *J. Dent. Res.*, v. 58 (special issue), p. 333, 1979.
14. LIVADITIS, G. J., THOMPSON, V. P. Etched castings: an improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, v. 47, p. 52-8, 1982.
15. LÓSSIO, J. J. A., OLIVEIRA, J. A. Técnica "LAVA", retenção máxima nas aletas da prótese adesiva: fase laboratorial. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.*, v. 43, p. 24-6, 1989.
16. LOVE, L. D., BREITMAN, J. B. Resin retention by immersion etched alloy. *J. Prosthet. Dent.*, v. 53, p. 623-4, 1985.
17. McLAUGHLIN, G., MASEK, J. Comparison of bond strengths using one-step and two-step alloy etching techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 53, p. 516-20, 1985.
18. MONDELLI, J. et al. Técnica alternativa para a simplificação e aperfeiçoamento da capacidade retentiva das próteses fixas adesivas indiretas. *Rev. Paul. Odontol.*, v. 6, p. 40-3, 1984.
19. PORTNOY, L. Constructing a composite pontic in a single visit. *Dent. Surv.*, p. 20-3, 1973.
20. ROCHETTE, A. L. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, v. 30, p. 418-23, 1973.
21. SARKAR, N. K., GREENER, E. H. In vitro corrosion resistance of new dental alloys. *Biomat. Med. Devices Artif. Organs*, v. 1, p. 121, 1973.
22. SILVERSTONE, L. M. Fissure sealants: laboratory studies. *Caries Res.*, v. 8, p. 2-26, 1974.
23. SIMONSEN, R. J. *Clinical applications of the acid etch technique*. Chicago: Quintessence, 1978. p. 71-80, 1978.
24. SIMONSEN, R. J. et al. *Restaurações adesivas. Técnicas: clínica e laboratorial*, São Paulo: Panamericana, 1984.
25. TANAKA, T. et al. Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. *J. Prosthet. Dent.*, v. 42, p. 282-91, 1979.
26. THOMPSON, V. P. Electrolytic etching modes of various non-precious alloys for resin bonding. In: GENERAL SESSION OF IADR, 60, New Orleans, 1982. Apud *J. Dent. Res.*, v. 61 (special issue A), p. 186, 1982 (Abstract 65).

Recebido em 20.3.1993.