

RUGOSIDADE DAS LIGAS DO SISTEMA COBRE-ALUMÍNIO EM FUNÇÃO DA REFUSÃO

Antonio Joaquim PELLIZZER*
Paulo Edson BOMBONATTI*

- RESUMO: O objetivo deste trabalho foi o de verificar a rugosidade superficial de quatro ligas do sistema cobre-alumínio em função da ação de fusões sucessivas. Os corpos-de-prova foram confeccionados empregando-se uma peça de plástico lisa, de formato retangular com 2 milímetros de espessura, 7 milímetros de largura e 11 milímetros de comprimento, fixado obliquamente na extremidade de uma das suas faces a um pino formador do conduto de alimentação com 2,5 milímetros de diâmetro e 10 milímetros de comprimento. As ligas foram fundidas em uma centrífuga comum com chama gás/ar e em uma centrífuga elétrica, sendo o grau de rugosidade verificado em um rugosímetro Talysurf. Verificou-se que a rugosidade superficial é influenciada pelos tipos de ligas e que as fusões sucessivas, em número de 4, produzem um aumento progressivo da rugosidade superficial destas ligas.
- UNITERMOS: Ligas de cobre-alumínio; rugosidade superficial; refusão.

Introdução

A substituição das ligas áuricas na confecção de Prótese Parcial Fixa vem sendo tentada desde 1931, quando Taylor²¹ chamou a atenção para uma liga denominada Postizo Gold (bronze-alumínio). Atualmente, devido ao alto custo do ouro, o interesse pela utilização de ligas de menor valor, e dentre elas as ligas do sistema cobre-alumínio, tem merecido a atenção dos autores^{3,4,5,7,8,10,19,20} uma vez que elas possuem propriedades mecânicas semelhantes às ligas de ouro tipo III.

Na técnica de obtenção de restaurações metálicas (prótese fixa de ponte ou prótese unitária) a rugosidade^{6,8} é um dos principais fatores que podem influir no seu ajuste ao dente preparado, e o uso de ligas que sofreram fusões prévias tornou-se prática comum em Odontologia, sendo que, com respeito às ligas de ouro, esta prática

* Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia – UNESP – 16015 – Araçatuba – SP.

está bem definida¹⁴, existindo trabalhos tratando do mesmo assunto em relação a outros tipos de ligas^{2,14,15,16,22}.

Com relação às ligas do sistema cobre-alumínio, devido ao seu baixo custo, a prática de se utilizarem sobras não é adotada. Por outro lado, dentre as propriedades que podem ser afetadas em uma liga que sofreu fusão prévia, destacamos a rugosidade, fator importante no ajuste de uma restauração metálica fundida.

Assim sendo, e, para aumentar o conhecimento destas ligas, resolvemos verificar a ação das fusões sucessivas sobre a rugosidade de algumas ligas encontradas no mercado.

Material e método

Foi avaliada a rugosidade superficial de cinco ligas de cobre-alumínio: Duracast MS (Marquart & Cia. Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.), Orcast (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda.) e Goldent-L.A. (AJE Comércio e Representações Ltda.).

Os corpos-de-prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por Fusayama & Yamane¹², foram obtidos através do corte de uma peça plástica lisa apresentando um formato retangular com 1 milímetro de espessura, 7 milímetros de largura e 11 milímetros de comprimento. Um pino formador do conduto de alimentação de cera, com 2,5 milímetros de diâmetro e 10 milímetros de comprimento foi fixado obliquamente na extremidade de uma das faces do modelo plástico e o conjunto montado no conformador de cadinho. Em seguida, aplicou-se o agente umectante por toda a superfície do corpo-de-prova, secando-o imediatamente após com jatos de ar, quando foi incluído num revestimento sulfatado à base de cristobalite, Kerr (KERR Indústria e Comércio Ltda.), espaturado mecanicamente nas condições de vácuo e vazado vagarosamente para o interior do anel. Após a presa, o conjunto foi aquecido até a temperatura de 700°C, aí permanecendo por aproximadamente 30 minutos, quando foi preenchido com aproximadamente 6 gramas de liga de cobre-alumínio fundidos em uma centrífuga comum gás/ar e em uma centrífuga elétrica TS-1 (Degussa S.A.). Após a solidificação, os corpos-de-prova foram desincluídos e limpos, para facilitar a avaliação, e identificados.

A rugosidade superficial dos corpos-de-prova foi verificada em um rugosímetro Talysurf, que consistiu em se passar sobre a superfície metálica um transdutor ótico que transmite para um registrador, que pode ser gráfico ou em leitura direta, a rugosidade média da superfície analisada. Foram avaliados 5 corpos-de-prova para cada tipo de liga fundida por 2 técnicas de fundição (gás/ar e elétrica), nas fundições efetuadas com ligas novas e com ligas que sofreram 1, 2 e 3 refusões, perfazendo um

total de 200 amostras, e o resultado em micrômetro correspondeu a média de 3 leituras efetuadas em 3 regiões diferentes do corpo-de-prova.

Resultado

Os resultados relativos às refusões das 5 ligas com alto conteúdo de cobre, em função dos métodos de fusão (chama ou elétrica), após serem submetidas à Análise de Variância num esquema fatorial 5 x 4 x 2, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de Análise de Variância apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de Variância

Fonte de Variação	gl	SQ	QM	Valor F
Ligas	4	2,2237048	0,5559262	25,1184 ++
Condições	3	2,8820698	0,9606899	43,4068 ++
Técnicas	1	0,0015697	0,0015697	0,0709 n.s.
Lig. x Cond.	12	2,1709353	0,1809113	8,1741 ++
Lig. x Téc.	4	0,6063955	0,1515989	6,8497 ++
Cond. x Téc.	3	0,5280984	0,1760328	7,9537 ++
Lig. x Cond. x Téc.	12	1,0857569	0,0904797	4,0881 ++
Resíduo	160	3,5411572	0,0221322	
Total	199	13,0396876		

++ significante a 1%.

n.s. não-significante.

Analisando-se a Tabela 1, verifica-se que não houve significância apenas para o fator Condições. Constatada a significância para as outras fontes de variações, verificaram-se pelo método de Tukey as diferenças existentes. Na Tabela 2, encontram-se as rugosidades médias, em micrômetro, das cinco ligas analisadas, e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,091 fica rejeitada a igualdade entre essas médias, e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que a liga Orcast apresentou o menor grau de rugosidade superficial, enquanto a liga Duracast, o maior.

Tabela 2 – Rugosidade média (micrômetro) para o fator ligas e o valor crítico para contraste

Ligas	Rugosidade média	Tukey a 5%
Orcast	0,547 A	0,091
Goldent	0,673 B	
Idealloy	0,673 B	
Maxicast	0,697 B	
Duracast	0,876 C	

Na Tabela 3, encontram-se as rugosidades médias das ligas, obtidas nas fusões e refusões, e o valor crítico para contraste.

Tabela 3 – Rugosidade média (micrômetro) para o fator Condições (fusões sucessivas) e valor crítico para contraste

Fusões sucessivas	Rugosidade	Tukey a 5%
Normal	0,501 A	0,077
1ª Refusão	0,697 B	
2ª Refusão	0,748 B	
3ª Refusão	0,826 C	

Verificou-se que o Teste de Comparações Múltiplas para o estabelecimento de contraste, conforme o método de Tukey, apresentou um valor crítico de 0,077, indicando que as fusões sucessivas proporcionaram diferentes graus de rugosidades às ligas. Assim, a fusão normal proporciona o menor grau de rugosidade, sendo que à medida que se aumentam as refusões, aumenta-se o grau de rugosidade, sendo maior na 3ª refusão.

A não-significância observada para o fator Técnicas (métodos de fusão) demonstra que a rugosidade será sempre igual, independentemente do método de fusão utilizado.

As significâncias observadas para as interações demonstraram que a rugosidade superficial depende tanto das Ligas como das Condições e das Técnicas de fusão empregadas. Neste aspecto, é interessante observar o que ocorre na interação Condições x Ligas. Assim, na Tabela 4, observam-se as médias de rugosidade das diferentes ligas na fusão normal e refusões. Verifica-se que a liga Idealloy não é afetada pela refusão.

Tabela 4 – Teste de Tukey para as médias de Condições dentro do fator ligas

Condições	Ligas					Tukey 5%
	Idealloy	Duracast	Goldent	Maxicast	Orcast	
Normal	0,574 A	0,527 A	0,523 A	0,444 A	0,438 A	
1ª Refusão	0,669 A	0,732 B	0,738 B	0,675 B	0,674 B	0,172
2ª Refusão	0,721 A	0,946 C	0,695 AB	0,858 C	0,523 AB	
3ª Refusão	0,730 A	1,299 D	0,737 B	0,812 BC	0,553 AB	

Discussão

Com a utilização das ligas com alto conteúdo de cobre em Odontologia, passou-se a dar maior importância ao estudo da adaptação das restaurações efetuadas com estas ligas, conseqüentemente, passou-se a dar maior atenção aos fatores que interferem nesta propriedade e, dentre eles, à rugosidade superficial. No presente trabalho, verificou-se que as ligas estudadas apresentaram diferentes graus de rugosidade, achado semelhante verificado anteriormente por Bombonatti et al.⁸ quando estudaram o efeito do aquecimento da liga acima da temperatura de fusão sobre a rugosidade superficial. Recentemente, Bombonatti et al.¹⁰ verificaram que os métodos de fusão também interferem na rugosidade superficial destas ligas, ficando as ligas Idealloy, Maxicast e Orcast com as superfícies menos rugosas e a Goldent e Duracast com as mais rugosas. Estes resultados estão condizentes com os encontrados neste trabalho, em que a liga Orcast foi a que apresentou menor grau de rugosidade e a Duracast o maior. Estas diferenças de rugosidade entre as ligas poderiam ser explicadas pela diferença de composição entre elas, fato também aventado por Silva Filho¹⁹ e Bombonatti et al.³

Em relação à reutilização de sobras de ligas que sofreram fusões prévias, em Odontologia, sabe-se que esta prática é comum com as ligas de ouro, que podem sofrer 2 a 3 fusões antes que ocorram alterações na sua composição e que causem prejuízos em suas propriedades¹⁸. Com relação às ligas com alto conteúdo de cobre, esta prática não é utilizada, devido ao seu baixo custo. No presente estudo, verificou-se que as fusões sucessivas produzem um aumento progressivo da rugosidade superficial destas ligas. Para Barone et al.¹, a rugosidade de uma peça metálica estaria ligada à fluidez da liga, uma vez que, quanto maior a fluidez da liga líquida, maior sua penetração nos espaços existentes entre as partículas do revestimento do molde, conseqüentemente, maior a rugosidade resultante. Como no presente caso houve um aumento da rugosidade, estaria descartada a possibilidade desta ser resultante do

aumento da fluidez, pois segundo Bombonatti et al.⁶, as fusões prévias em número de quatro, quando se emprega a centrífuga elétrica, não interferem na fluidez das ligas com alto conteúdo de cobre, resultado também obtido por Monteiro Netto¹⁷, quando empregou a chama gás/ar. Desta forma, este fato estaria diretamente ligado à alteração na composição das ligas, visto que, segundo Monteiro Netto¹⁷, existe uma perda gradual de ferro, manganês e níquel na liga Duracast, bem como de ferro, níquel e estanho na liga Goldent, quando submetidas até quatro fusões sucessivas, e que tais perdas refletem-se na dureza superficial dessas ligas, sendo que para Tuccillo et al.²², a perda do ferro se manifesta quer se use a chama ou a centrífuga elétrica, sendo esta perda menor neste último método de fusão da liga.

Finalizando, seria interessante destacar o que ocorre na interação Condições x Ligas, onde se observa que a rugosidade da liga Idealloy não é afetada pela refusão. Neste aspecto é bom lembrar que esta liga, segundo Bombonatti et al.⁹, é, dentre as ligas estudadas, a que apresenta maiores valores de dureza, não é influenciada pelos métodos de fusão e não teve a dureza diminuída no estado bruto de fusão. Provavelmente, este resultado prende-se ao fato de a liga não possuir ferro em sua composição.

Conclusão

1. Existem diferenças de rugosidade entre as ligas com alto conteúdo de cobre pesquisadas, sendo o menor valor para a liga Orcastr e o maior para a liga Duracast.

2. As fusões sucessivas produzem um aumento progressivo da rugosidade superficial destas ligas.

3. As significâncias observadas nas quatro interações não permitem generalizar sobre o seu comportamento, pois foram as combinações destes elementos que determinaram o grau de rugosidade.

Agradecimento

Agradecemos ao Prof. Walter Veriano Valério Filho e João Sidney Ferro do Departamento de Ciências da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, pela realização da Análise Estatística deste trabalho.

PELLIZZER, A. J., BOMBONATTI, P. E. Influence of remelting in the copper-aluminium alloys surface roughness. *Rev. Odontol. UNESP, São Paulo*, v. 21, n. 1, p. 301-308, 1992.

- **ABSTRACT:** *The aim of this work was to verify the surface roughness of four copper-aluminium system alloys according to successive remeltings. The specimens were made of smooth plastic measuring 1 mm x 7 mm x 11 mm fixed in a sprue with 2.5 mm diameter and 10 mm long. The alloys were casted in an electrical casting machine and a centrifugal casting machine with an air/gas torch, and the surface roughness recorded by a roughness analyser, Talysurf. It was verified that the surface roughness is influenced by the different kinds of alloys and increases as the number of remelting increases, in this case four times.*
- **KEYWORDS:** *Copper-aluminium alloys; surface roughness; remelting.*

Referências bibliográficas

1. BARONE, J., HUFF, R. L., DICKSON, G. Surface roughness of gold castings. *Dent. Prog.*, v. 1, p. 78-84, 1961.
2. BOMBONATTI, P. E., GARLIPP, O. A., BARROS, L. E. Influência da refusão sobre a resistência a flexões sucessivas de ligas de cromo-cobalto. *Rev. Bras. Odontol.*, v. 25, p. 303-8, 1968.
3. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 14, p. 119-23, 1985.
4. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. Bras. Odontol.*, v. 43, p. 30-3, 1986.
5. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 15/16, p. 171-6, 1986/87.
6. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 17, p. 169-73, 1988.
7. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Ação da elevação da temperatura de estufagem de revestimentos fosfatados, sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 18, p. 281-91, 1989.
8. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Rugosidade superficial de ligas com alto conteúdo de cobre, em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 19, p. 203-9, 1990.
9. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. FEITOSA, S. A. Determinação de dureza de ligas de cobre, na forma como são recebidas e após a fundição, em função das técnicas de fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 19, p. 217-26, 1990.

10. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. Efeito dos métodos de fusão sobre a rugosidade superficial de ligas de uso odontológico com alto conteúdo de cobre. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 20, p. 267-73, 1991.
11. CHARBENEAU, G. T., PEYTON, F. A., ANTHONY, D. H. Profile characteristics of cut tooth surfaces developed by rotating instruments. *J. Dent. Res.*, v. 36, p. 957-66, 1957.
12. FUSAYAMA, T., YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 29, p. 529-35, 1973.
13. HINMAN, R. W., TESK, J. A., WHITLOCK, R. P., PARRY, G. G., DURKOWKI, J. S. A technique for characterizing casting behavior of dental alloys. *J. Dent. Res.*, v. 64, p. 134-8, 1985.
14. KAMINSKI, R. A., ANUSAVICE, K. J., OKABE, T., MORSE, P. K., CASTEEL, P. E. Castability of silver-base fixed partial denture alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v. 13, p. 329-32, 1985.
15. MARX, H. Unterduchirugem über die wiederverwend barkeit dentaler gold-platin-legierungem. *DISCH ZAHNARZTL, Z.*, v. 28, p. 916-25, 1973.
16. MARX, H. Zur wiedeverwendbarkeit dentaler kobalt-chrom-legierungem. *DISCH ZAHNARZTL, Z.*, v. 29, p. 1008-13, 1974.
17. MONTEIRO NETTO, J. *Estudo sobre a influência das refusões na fluidez, composição e dureza das ligas de cobre-alumínio e prata-estanho nas fundições de uso odontológico.* Rio de Janeiro, 1987. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
18. PHILLIPS, R. W. *Materiais Dentários de Skinner*. 8. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1984.
19. SILVA FILHO, F. P. M. *Ligas do sistema cobre-alumínio. Efeitos de ligas, técnicas de fusão e tratamentos térmicos na contração de fundição e dureza. Efeito de tipos cavitários e técnicas de fundição no desajuste cervical.* Araraquara, 1983. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.
20. SIMONETTE, E. L. *Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio.* São Paulo, 1975. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
21. TAYLOR, N. O. A report on postizo gold. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 18, p. 771-2, 1931.
22. TUCCILLO, J. J., LICHTENBERGER, H., NIELSEN, J. P. Composition stability of gold base dental alloys for different melting techniques. *J. Dent. Res.*, v. 53, p. 1127-31, 1974.

Recebido em 8.5.1991.