

DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE LIGAS COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE PARA FUNDIÇÃO, EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE REVESTIMENTOS E MÉTODOS DE FUSÃO EMPREGADOS*

Paulo Edson BOMBONATTI**

Laert Elzio de BARROS**

Antonio Joaquim PELLIZZER**

- **RESUMO:** Determinou-se a rugosidade superficial de cinco ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundição, em função de três tipos de revestimentos, a saber: a) à base de quartzo; b) à base de cristobalita; c) à base de fosfato, e de dois métodos de fusão, em uma centrífuga elétrica e em uma centrífuga comum com chama gás/ar. Os corpos-de-prova, obtidos a partir de um plástico liso, de formato retangular com 2 x 7 x 11 milímetros, foram incluídos nos revestimentos que, após aquecimento e eliminação do plástico, foram preenchidos com aproximadamente 3 g de liga. A rugosidade superficial foi medida em um rugosímetro Talysurf, tendo-se verificado que: 1. existe uma diferença de rugosidade superficial entre as ligas estudadas; 2. os diferentes revestimentos proporcionam diferentes graus de rugosidade às ligas, sendo o menor proporcionado pelo revestimento à base de cristobalita e o maior pelo fosfatado; 3. o emprego da centrífuga elétrica proporcionou menor rugosidade.
- **UNTERMOS:** Ligas de cobre; revestimento; rugosidade superficial.

Introdução

Com a alta do preço do ouro, a indústria de produtos odontológicos passou a procurar uma liga alternativa de menor valor que pudesse substituir as ligas de ouro. Neste particular, as ligas com alto conteúdo de cobre foram as que obtiveram maior sucesso, por apresentarem, segundo Simonetti¹⁶, propriedades satisfatórias. O baixo custo destas ligas, aliado às propriedades satisfatórias, aumentou em muito sua utilização e, conseqüentemente, houve um aumento das reclamações.

* Este trabalho recebeu auxílio da FUNDUNESP, através do Processo nº 067/90 – DFP/F/CBS.

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

Na obtenção de uma restauração metálica fundida, uma consideração a ser feita diz respeito à adaptação e aos fatores que influem nesta propriedade, sendo que para Teteruck & Mumford¹⁸, a adaptação depende muito dos materiais envolvidos no processo de fundição. Assim, uma adaptação aceitável pode ser obtida pela seleção adequada do tipo de revestimento empregado. Deve-se lembrar que no processo de fundição, o modelo de cera é incluído em uma mistura de água e pós com partículas de diversos tamanhos e que para se eliminar a cera, o molde é aquecido em um forno à determinada temperatura. Durante esse processo, o excesso de água da mistura e a água de cristalização são eliminadas, alterando a lisura do revestimento próximo ao modelo de cera, tornando-o rugoso, conseqüentemente, produzirá uma peça metálica rugosa. Esta rugosidade superficial é muito importante, pois para Suffert & Mahler¹⁷ e Plese¹³, quando situada internamente na restauração pode afetar sua adaptação, sendo que para Charbeneau et al.⁷, quanto menor a rugosidade de superfície, mais exato será o ajuste.

Desta forma, o propósito deste trabalho será verificar a ação dos diferentes tipos de revestimentos sobre a rugosidade superficial das ligas com alto conteúdo de cobre empregadas nas fundições.

Material e método

Foi avaliada a rugosidade de quatro 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 uma de cobre-zinco, Goldent (AJE Comércio e Representações Ltda.). O fator comum entre estas ligas é o alto conteúdo de cobre em suas composições. Foram empregados os seguintes revestimentos: um à base de quartzo, Higroterm (Polidental Indústria e Comércio Ltda.); um à base de cristobalita, Kerr (Sybron Kerr Indústria e Comércio Ltda.) e um à base de fosfato, Muster (Maitec Ltda.).

Os corpos-de-prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por Fusayama & Yamane¹¹, foram obtidos através do corte de uma peça plástica lisa e apresentavam um formato retangular com 2 milímetros 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, sendo em seguida incluído em revestimento, espatulado de acordo com as instruções do fabricante. Após a presa, o conjunto foi aquecido até a temperatura de 700°C, aí permanecendo por aproximadamente 30 minutos, quando

foi preenchido com aproximadamente 3 gramas de liga, fundidas em uma centrífuga elétrica e em uma centrífuga comum com chama gás/ar. Após a solidificação da liga, os corpos-de-prova foram desincluídos, limpos e identificados para a avaliação. A rugosidade superficial foi verificada em um rugosímetro Talysurf, e, em síntese, consistiu em se passar sobre a superfície a ser analisada um transdutor ótico, que transmite as irregularidades para um registrador, cujo registro pode ser em forma de gráfico ou em números, sendo neste caso registrado a rugosidade média, em micrômetro. Foram avaliados 5 corpos-de-prova para cada situação estudada. Para melhor interpretação, os resultados foram submetidos à Análise Estatística⁸.

Resultado

Os resultados da rugosidade superficial média (micrômetro) de cinco ligas com alto conteúdo de cobre para fundição, em função de três tipos de revestimentos, e de dois métodos de fusão utilizados, após serem submetidos à Análise de Variância, num esquema fatorial 5 x 3 x 2, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de Análise de Variância mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de Variância

Fonte de Variação	gl	SQ	QM	Valor F
Ligas	4	5,8887131	1,4721783	29,9266 **
Revestimentos	2	6,4064557	3,2032278	65,1156 **
Fusão	1	5,3354980	5,3354980	108,4606 **
Lig x Rev	8	1,7596111	0,2199514	4,4712 **
Lig x Fus	4	1,6081862	0,4020465	8,1728 **
Rev x Fus	2	0,0216485	0,0108243	0,2200 n.s.
Lig x Rev x Fus	8	1,5485784	0,1935723	3,9350 **
Resíduo	120	5,9031551	0,0491930	
Total	149	28,4718460		

** – significante a 1%.

n.s. – não-significante.

Analisando-se a Tabela 1, verifica-se que, com exceção da interação Revestimentos x Métodos de fusão, todas as outras causas de variação são significativas. Constatada a significância, verificou-se pelo método de Tukey as diferenças existentes. Na Tabela 2, encontram-se as rugosidades médias, em micrômetro, das cinco

ligas avaliadas, e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,157, fica rejeitada a igualdade entre essas médias, e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que as ligas Idealloy e Maxicast apresentam o menor grau de rugosidade superficial, enquanto as ligas Goldent e Duracast, o maior.

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

Ligas	Rugosidade média	Tukey a 5%
Idealloy	0,794 A	
Maxicast	0,826 A	
Orcast	0,987 B	0,157
Goldent	1,189 C	
Duracast	1,299 C	

Na Tabela 3, encontram-se as rugosidades médias (em micrômetro) proporcionadas pelos diferentes tipos de revestimentos, bem como o valor crítico para contraste. Verifica-se pelos valores apresentados, que a utilização do revestimento à base de cristobalita, Kerr, proporciona a menor rugosidade, seguido em ordem crescente de rugosidade dos revestimentos à base de quartzo, Higroterm e do revestimento à base de fosfato, Muster, que proporcionou o maior grau.

Tabela 3 – Rugosidade média (micrômetro) proporcionada pelo fator *Revestimentos* e valor crítico para contraste

Revestimentos	Rugosidade média	Tukey a 5%
Kerr	0,808 A	
Higroterm	0,949 B	0,104
Muster	1,300 C	

Na Tabela 4, observam-se as rugosidades médias, em micrômetro, proporcionadas pelos diferentes métodos de fusão das ligas. De acordo com os resultados, pode-se dizer que a utilização da centrífuga elétrica proporciona o menor grau de rugosidade.

Tabela 4 – Rugosidade média (micrômetro) proporcionada pelo fator *Métodos de Fusão* e valor crítico para contraste

Métodos de Fusão	Rugosidade média	Tukey a 5%
Centrífuga elétrica	0,830 A	0,071
Chama gás/ar	1,208 B	

A significância observada nas interações LIGAS x REVESTIMENTOS, LIGAS x MÉTODOS DE FUSÃO e LIGAS x REVESTIMENTOS x MÉTODOS DE FUSÃO, demonstra que a rugosidade superficial depende destes fatores, pois é a combinação entre eles que proporciona a rugosidade observada. A não-significância observada na interação REVESTIMENTOS x MÉTODOS DE FUSÃO demonstra que estes dois fatores agem sempre da mesma maneira sobre a rugosidade.

Discussão

Na avaliação de uma liga de uso odontológico, deverão ser analisadas diversas propriedades, e segundo Hinman et al.¹², a rugosidade superficial é um fator importante, não só em função do ajuste, como também pela retenção da peça metálica ao dente preparado. No presente trabalho, verificou-se que existem diferenças de rugosidade entre as diversas ligas com alto conteúdo de cobre para fundição testadas. Estes resultados confirmam os achados anteriores de Bombonatti et. al.⁶ quando trabalharam com as mesmas ligas aqui estudadas. Naquele trabalho, as ligas que apresentaram menor rugosidade foram as Idealloy, Maxicast e Orcast. Os resultados ora apresentados confirmam o bom desempenho das ligas Idealloy e Maxicast. Seguindo as ponderações de Charbeneau et al.⁷ de que quanto menor a rugosidade superficial mais exato será o ajuste, as peças obtidas com as ligas Idealloy e Maxicast terão, teoricamente, maiores possibilidades de apresentarem uma melhor adaptação, dentro das condições oferecidas no presente trabalho. Estes resultados evidenciam, mais uma vez, as diferenças existentes entre as diversas ligas com alto conteúdo de cobre, e também as qualidades demonstradas anteriormente pela liga Idealloy⁵, que dentre todas foi a que apresentou maiores valores de dureza, foi a menos influenciada pelos métodos de fusão e não teve a dureza diminuída no estado bruto de fusão, e pela liga Maxicast, que segundo Bombonatti et al.³, mostrou-se pouco susceptível às alterações térmicas.

Os resultados mostraram ainda que os revestimentos testados proporcionaram diferentes graus de rugosidade às ligas, tendo o revestimento à base de cristobalita Kerr proporcionado o menor grau, seguindo-se numa ordem crescente de rugosidade,

do revestimento à base de quartzo Higroterm e por último, do à base de fosfato, Muster. Estes resultados confirmam os achados de Schnell et al.¹⁴, Arfaei & Asgar² e de Cooney & Caputo⁹ de que os revestimentos fosfatados proporcionam maior rugosidade superficial do que aqueles à base de sulfato. Isto provavelmente seria consequência da granulação grosseira apresentada por estes revestimentos, responsável também por outras propriedades negativas como a obtida por Alves-Rezende et al.¹, de proporcionarem pior adaptação aos materiais de modelos do que os revestimentos à base de cristobalita e de quartzo, e os achados de Bombonatti et al.⁴ de proporcionarem menor grau de fluidez às ligas com alto conteúdo de cobre para fundição. De qualquer maneira, nossos resultados estariam discordando da recomendação de Silva Filho¹⁵ de se empregar um revestimento fosfatado na fundição das ligas com alto conteúdo de cobre a fim de compensar adequadamente a contração de fundição destas, uma vez que isto não estaria ocorrendo com o emprego dos revestimentos sulfatados. Isto apenas evidencia a complexidade que envolve o processo de fundição, pois melhorando-se uma condição, como a compensação de contração de fundição da liga, aumenta-se a rugosidade superficial, prejudicando o ajuste da peça.

A menor rugosidade proporcionada pela utilização da centrífuga elétrica, apenas confirma achado anterior⁶, visto que neste caso, a liga é fundida em um cadinho de grafite, em uma atmosfera praticamente isenta de óxidos, com a temperatura de fusão controlada, evitando assim, os inconvenientes que poderiam advir com a fusão através de uma chama, na qual o processo de aquecimento raramente é controlado, podendo, segundo Craig¹⁰, ocasionar danos irreparáveis na composição da liga.

Conclusão

Dentro das condições deste trabalho, pode-se concluir que:

1. As ligas com alto conteúdo de cobre para fundição apresentam diferentes graus de rugosidade superficial, sendo as menos rugosas as ligas Idealloy e Maxicast e, as mais, as ligas Duracast e Goldent.

2. Os diferentes tipos de revestimentos proporcionam diferentes graus de rugosidade às ligas com alto conteúdo de cobre, seguindo-se em ordem crescente de rugosidade proporcionada pelos revestimentos à base de cristobalita, de quartzo e fosfatado.

3. A utilização da centrífuga elétrica, no processo de fundição destas ligas, proporciona menor grau de rugosidade do que o emprego de uma centrífuga comum com chama gás/ar.

Agradecimento

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

BOMBONATTI, P. E. et al. Determination of the surface roughness of high-copper casting alloys, according to the investments and melting methods used. *Rev. Odontol. UNESP*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 275-282, 1992.

- **ABSTRACT:** *It was determined the surface roughness of 5 high-copper casting alloys, according to 3 types of investing materials: a) quartz base; b) cristobalite base; c) phosphate base, and two melting methods, using an electrical casting machine and a centrifugal casting machine with an air/gas torch. The specimens, made with smooth plastic in shape of a rectangular plate with 2 x 7 x 11 mm, were invested and after heating and elimination of the plastic, the molds were filled by 3 g of molten alloy. The surface roughness was measured in a roughness analyser, Talysurf, and as a result, it was verified that: 1 – there is a variation of surface roughness among the alloys tested; 2 – the different investments produced different surface roughness, being the lesser degree yielded by cristobalite base investment and the greater by phosphate base; 3 – the use of the electrical casting machine produced less roughness.*
- **KEYWORDS:** *High-copper casting alloys; investments; surface roughness.*

Referências bibliográficas

1. ALVES-REZENDE, M. C. R., FEITOSA, S. A., BOMBONATTI, P. E., VALÉRIO FILHO, W. V. Adaptação de diferentes tipos de revestimento em contato com a cera e a resina, empregadas como materiais de modelo na fundição. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 21, p. 267, 1992.
2. ARFAEI, A. H., ASGAR, K. Influence of roughness on fit of dental castings. *J. Dent. Res.*, v. 55, p. B99, 1976. (Abstract 151.)
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. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 15/16, p. 171-6, 1986/87.
5. BOMBONATTI, P. E., BARROS, L. E., SCARANELO, R. M., PELLIZZER, A. J. 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.

6. 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.
7. CHARBENEAU, G. T., PEYTON, F. A., ANTHONY, D. G. Profile characteristics of cut tooth surfaces developed by rotating instruments. *J. Dent. Res.*, v. 36, p. 956-66, 1957.
8. COCHRAN, W. G., COX, G. M. *Experimental designs*. 2. ed. New York: John Wiley, 1957.
9. COONEY, J. P., CAPUTO, A. A. Type III gold alloy complete crowns cast in a phosphate-bonded investment. *J. Prosthet. Dent.*, v. 46, p. 414-9, 1981.
10. CRAIG, R. G. *Restorative dental marterials*. 6. ed. St. Louis: Mosby, 1980.
11. FUSAYAMA, T., YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 29, p. 529-35, 1973.
12. HINMAN, R. W., TESK, J. A., WHITLOCK, R. P., PARRY, E. E., DURKOWSKI, J. S. A technique for characterizing casting behavior of dental alloys. *J. Dent. Res.*, v. 64, p. 134-8, 1985.
13. PLESE, A. Contribuição ao estudo da rugosidade e sua influência no ajuste das fundições. *Rev. Fac. Odontol. Araçatuba*, v. 2, p. 123-43, 1966.
14. SCHNELL, R. J., MUMFORD, G., PHILLIPS, R. W. An evaluation of phosphate bonded investments used with a high fusing gold alloy. *J. Prosthet. Dent.*, v. 13, p. 324-36, 1963.
15. 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, Universidade Estadual Paulista.
16. SIMONETTI, E. L. Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio II. Propriedades mecânicas. *Rev. Fac. Odontol. S. Paulo.*, v. 15, p. 53-64, 1977.
17. SUFFERT, L. W., MAHLER, D. B. Reproducibility of gold castings made by present day dental casting technics. *J. Am. Dent. Ass.*, v. 50, p. 1-6, 1955.
18. TETERUCK, W. R., MUMFORD, G. The fit of certain dental casting using different investing materials and techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 16, p. 910-27, 1966.

Recebido em 17.6.1991.