

## RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE LIGAS COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE, EM FUNÇÃO DO AQUECIMENTO ACIMA DA TEMPERATURA DE FUSÃO\*

Paulo Edson BOMBONATTI\*\*

Laert Elzio de BARROS\*\*

Ricardo Medeiros SCARANELO\*\*

Antonio Joaquim PELLIZZER\*\*

---

*RESUMO: Sendo a rugosidade superficial uma propriedade fundamental no ajuste das restaurações metálicas fundidas, determinou-se, no presente trabalho, a rugosidade de cinco ligas com alto conteúdo de cobre, em função da temperatura de aquecimento acima das suas temperaturas de fusão. Para tanto, corpos-de-prova obtidos com plástico liso, de formato retangular com 2 x 7 x 11 mm foram incluídos em revestimento sulfatado à base de cristobalita. Após o aquecimento e eliminação do modelo plástico, os moldes foram preenchidos com aproximadamente três g de liga fundidas em uma centrífuga elétrica, empregando-se além da temperatura de fusão, as temperaturas de 25°C e 50°C acima desta. A rugosidade superficial foi medida em um rugosímetro Taly-surf. Verificou-se que existe uma variação de rugosidade superficial entre as ligas estudadas e que a elevação da temperatura de aquecimento até 50°C acima da temperatura de fusão não interfere na rugosidade.*

*UNITERMOS: Ligas de cobre; rugosidade superficial; fundição.*

---

## INTRODUÇÃO

Dentro do setor de fundições, nota-se um grande esforço no desenvolvimento de novos materiais e aprimoramento das técnicas existentes, sendo, pois, razoável esperar-se que surjam condições ideais nas combinações entre eles. Lançadas recentemente<sup>11</sup>, as ligas com alto conteúdo de cobre obtiveram grande sucesso na substituição das ligas de ouro, não só pelo seu menor preço, como também por possuírem propriedades mecânicas semelhantes. Desta forma é razoável se esperar um bom desempenho destas ligas em relação aos materiais envolvidos nas suas fundições.

---

\* Este trabalho recebeu auxílio da FUNDUNESP, através do Processo nº 011/88 – DFP.

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

Na avaliação de qualquer liga de uso odontológico devem ser analisadas diversas propriedades e, na opinião de HINMAN *et alii*<sup>9</sup>, a rugosidade superficial é um fator importante. Segundo CHARBENEAU *et alii*<sup>4</sup>, quanto menor a rugosidade de uma peça metálica fundida, mais exato será seu ajuste. Contudo, não é só no ajuste que a rugosidade superficial pode influir, tendo sido observado por SMYD<sup>12</sup> sua importância na retenção dos blocos, considerando-se o problema da “adesão” dos cimentos odontológicos.

Dentre os vários fatores que podem contribuir para o aumento ou diminuição da lisura de superfície das restaurações metálicas fundidas, destaca-se o aumento da temperatura da liga, acima da sua temperatura de fusão. Assim pensando, procurou-se verificar a rugosidade superficial de cinco ligas com alto conteúdo de cobre em função da elevação da temperatura acima da de fusão.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi avaliada a rugosidade superficial 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 destas ligas é o seu alto conteúdo de cobre.

Os corpos-de-prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por FUSAYAMA & YAMANE<sup>8</sup>, foram obtidos através do corte de uma peça plástica lisa e apresentavam um formato retangular com 2 mm de espessura, 7 mm de largura e 11 mm de comprimento. Um pino formador do conduto de alimentação de cera, com 2,5 mm de diâmetro e 10 mm 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 o conjunto incluído em revestimento sulfatado à base de cristobalita Kerr (Kerr Indústria e Comércio Ltda), espatulado manualmente por 1 min. 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 min., quando foi preenchido com aproximadamente três g de liga de cobre fundida em uma centrífuga elétrica TS-1 (Degusa S.A.). Além da temperatura de fusão, foram confeccionadas peças com ligas aquecidas 25°C e 50°C acima dela. A temperatura foi considerada como aquela em que ocorreu o desmoronamento total da liga e não restou nada no interior da mufla de grafite após o acionamento da máquina. Após a solidificação, os corpos-de-prova foram desincluídos e limpos, para facilitar a avaliação, e identificados. A rugosidade superficial foi verificada em um rugosímetro Talysurf e consistiu em se passar a superfície do corpo-de-prova um transdutor óptico que transmite as irregularidades para um registrador da rugosidade média da superfície analisada. Foram avaliados cinco corpos-de-prova para cada situação estudada e o resultado, em micrômetros, corres-

ponde à média de três leituras efetuadas em três regiões diferentes dos corpos-de-prova. Para maior precisão na interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística<sup>5</sup>.

## RESULTADOS

Os resultados relativos à rugosidade média (micrômetros) de cinco ligas de alto conteúdo de cobre, em função do aquecimento acima da temperatura de fusão, após serem submetidos à análise de variância, num esquema fatorial 5 x 3, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de análise de variância reproduzido na Tabela 1.

**TABELA 1 – Quadro da Análise de Variância**

Fonte de variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	Valor de F
Ligas (L)	0,932309	4	0,233077	43,99 **
Tratamentos (T)	0,0121288	2	0,00606442	1,14 ns
Interação L x T	0,256684	8	0,030855	6,06 **
Resíduo	0,317881	60	0,00529801	
Total	1,519002	74		

\*\* – significante a 1%

ns – não significante

Analisando-se a Tabela 1, constata-se que houve significância para os fatores Ligas e Interação L x T, enquanto para Tratamentos, não. Constatada a significância para o fator Ligas, verificaram-se, pelo Método de Tukey, as diferenças existentes.

Na Tabela 2, encontra-se a rugosidade média, em micrômetros, 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 0,074 fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que as ligas Duracast, Maxicast e Goldent apresentaram o menor grau de rugosidade superficial, enquanto a liga Orcast apresentou o maior.

A não significância observada para o fator Tratamentos, demonstra que a elevação da temperatura acima da de fusão, no intervalo estudado; isto é, até 50°C acima, não interfere na rugosidade das ligas com alto conteúdo de cobre.

**TABELA 2 – Rugosidade média (micrômetros) para o fator Ligas e valor crítico para contraste**

Ligas	Rugosidade média	Tukey a 5%
Duracast	0,337 A	0,074
Maxicast	0,343 A	
Goldent	0,370 A B	
Idealloy	0,432 B	
Orcast	0,636 C	

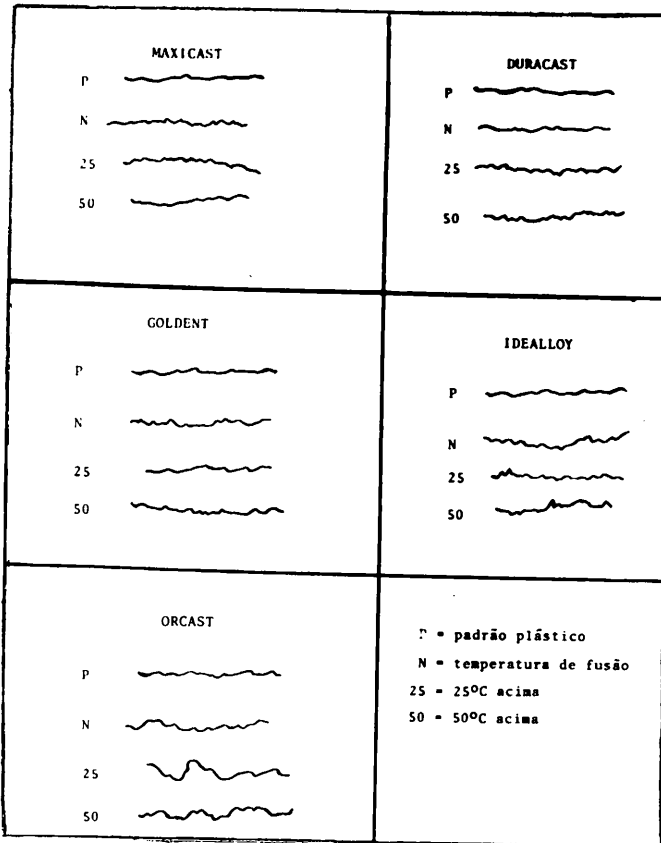


FIG. 1 – Registros gráficos das curvas representativas da rugosidade das cinco ligas, nas três condições testadas, bem como a do padrão plástico.

A significância observada para a Interação Ligas x Tratamentos demonstra que o comportamento da rugosidade nas temperaturas de aquecimento acima da de fusão, não é o mesmo para as cinco ligas estudadas. Na Figura 1, observam-se os registros gráficos das curvas representativas da rugosidade, transportadas dos gráficos obtidos no aparelho Talysurf.

## DISCUSSÃO

Dentre as inúmeras variáveis existentes no processo de fundição, a rugosidade superficial chama atenção dos pesquisadores, pelo seu desempenho no ajuste das peças fundidas. Esta preocupação não é recente, tanto que CRAWFORD<sup>6</sup> dizia, em 1940, que as fundições deveriam ter superfícies lisas, livres de rugosidade ou irregularidades e serem completas em todos os detalhes. Segundo POMÉS *et alii*<sup>10</sup>, as irregularidades que podem ocorrer na superfície de uma fundição, podem ser agrupadas em dois tipos: falhas e rugosidade superficial. Ao contrário das falhas, a rugosidade existe em toda peça, constituindo-se na quase totalidade dos picos e vales que se formam na sua superfície. Para SUFFERT & MAHLER<sup>13</sup>, quando situada internamente na restauração metálica fundida, a rugosidade superficial pode afetar a adaptação.

Considerando-se a declaração de POMÉS *et alii*<sup>10</sup>, de que a rugosidade independe da composição da liga, verificou-se que esta afirmação não é verdadeira, quando se trata de ligas com alto conteúdo de cobre, pois no presente trabalho observou-se que elas possuem diferentes graus de rugosidade superficial. Por outro lado, se concordarmos com a declaração de CHARBENEAU *et alii*<sup>4</sup> de que quanto menor a rugosidade de superfície mais exato será o ajuste, as peças obtidas com as ligas Duracast, Maxicast e Goldent, teoricamente terão maiores possibilidades de apresentarem melhor ajuste do que as obtidas com ligas Idealloy e Orcast. Por outro lado, BOMBONATTI *et alii*<sup>3</sup> afirmam que as ligas Duracast e Maxicast apresentam menor grau de dureza e a liga Idealloy o maior, dentre as cinco ligas presentemente estudadas. Esses resultados confirmam em parte as afirmações de FUSAYAMA<sup>7</sup> de que os metais mais moles apresentam melhor adaptação, pois estão menos sujeitos ao efeito da rugosidade do que os mais duros.

Com relação aos tratamentos a que as ligas foram submetidas, verifica-se que a elevação da temperatura em até 50°C acima da de fusão, não interfere na rugosidade das mesmas. Isto contraria os achados de POMÉS *et alii*<sup>10</sup> que, embora trabalhando com ligas de ouro, observaram que a rugosidade superficial daquelas ligas aumentava com o superaquecimento. Para BARONE *et alii*<sup>1</sup>, o aumento da rugosidade superficial observado nas peças obtidas com temperatura acima das condições ideais, pode ser explicado pelo aumento da fluidez da liga líquida a altas temperaturas, o que permite ao metal líquido penetrar em maior profundidade nas irregularidades existentes entre as partículas do revestimento do molde. Como em trabalho anterior, BOMBONATTI *et alii*<sup>2</sup> observaram que a elevação da temperatura 50°C acima da

temperatura de fusão aumentava a fluidez das ligas Duracast e Idealloy, aquele resultado não estaria sendo confirmado presentemente, com a não interferência deste tratamento na rugosidade. Provavelmente, para que este tratamento interfira na rugosidade das ligas com alto conteúdo de cobre estudadas, estas deverão ser submetidas a um aquecimento mais elevado do que o praticado no presente trabalho.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos através da metodologia adotada, pode-se concluir que:

1 – As ligas com alto conteúdo de cobre apresentam rugosidade superficial diferente, sendo que as ligas Duracast, Maxicast e Goldent apresentam-na em menor grau, enquanto a liga Orcast, em maior.

2 – A elevação da temperatura de aquecimento das ligas em até 50°C acima da temperatura de fusão, não interfere na rugosidade das ligas estudadas.

## AGRADECIMENTOS

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, *et alii* – Surface roughness of high-copper casting alloys according to the heating over their melting temperature. *Rev. Odont. UNESP*, São Paulo, **19**: 203-209, 1990.

*ABSTRACT: Being the surface roughness a fundamental property in the fit of the castings, it was determined the roughness of 5 high-copper casting alloys, according to the heating over their melting temperature. That way, the specimens made with smooth plastic in the shape of a rectangular plate, 2 mm x 7 mm x 11 mm were invested into a cristobalite investment. After heating and elimination on the plastic, the molds were filled by 3 g of molten alloy, casted in a electrical casting machine at the casting temperature at 25°C and 50°C overheating. The surface roughness was measured in a roughness analyser, Talysurf. As a result, it was verified that there is a variation of surface roughness among the alloys tested, and the heating of the alloys until 50°C over the melting temperature does not interfere in the roughness.*

*KEY-WORDS: Copper alloys; surface roughness; casting.*

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARONE, J.; HUFF, R. L. & DICKSEN, G. – Surface roughness of gold castings. *Dent. Prog.*, 1: 78-84, 1961.
2. 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. Odont. UNESP*, 14: 119-23, 1985.
3. 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 junção das técnicas de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, 19: 217-26, 1990.
4. CHARBENEAU, G. T.; PEYTON, F. A. & ANTHONY, D. H. – Profile characteristics of cut tooth surfaces developed by rotating instruments. *J. dent. Res.*, 36: 957-66, 1957.
5. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. – *Experimental designs*. 2ª ed. New York, John Wiley, 1957.
6. CRAWFORD, W. H. – Selection and use of investments, sprues, castings equipment and gold alloys in making small castings. *J. am. dent. Ass.*, 27: 1459-70, 1940.
7. FUSAYAMA, T. – Factors and technique of precision casting. Part II. *J. prosth. Dent.*, 9: 486-97, 1959.
8. FUSAYAMA, T. & YAMANE, M. – Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. prosth. Dent.*, 29: 529-35, 1973.
9. 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.*, 64: 134-8, 1985.
10. POMÉS, G. E.; SLACK, G. L. & WISE, M. W. – Surface roughness of dental castings. *J. am. dent. Ass.*, 41: 545-56, 1950.
11. SIMONETE, E. L. – *Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo, Fac. Odont. São Paulo, USP, 1975. (Tese – Livre-Docência)
12. SMYD, E. S. – Dental engineering applied to inlay and fixed bridge fabrication. *J. prosth. Dent.*, 2: 536-42, 1952.
13. SUFFERT, L. W. & MAHLER, D. B. – Reproducibility of gold castings made by present day dental casting technics. *J. am dent. Ass.*, 50: 1-6, 1955.

Recebido para publicação em 01.06.1989