

## DETERMINAÇÃO DE DUREZA DE LIGAS DE COBRE, NA FORMA COMO SÃO RECEBIDAS E APÓS A FUNDIÇÃO, EM FUNÇÃO DAS TÉCNICAS DE FUSÃO\*

Paulo Edson BOMBONATTI\*\*  
Laert Elzio de BARROS\*\*  
Ricardo Medeiros SCARANELO\*\*  
Antonio Joaquim PELLIZZER\*\*  
Sérgio Augusto FEITOSA\*\*

---

*RESUMO: Avaliou-se a dureza Vickers de 5 ligas de cobre, nas condições de "como recebidas" e após a fusão, em função das técnicas de fusão empregadas. Para tanto, 10 lingotes de cada liga, na forma como são distribuídos no comércio, foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente, polidos, numerados e submetidos ao ensaio de dureza, com 200 g de carga atuando por 30 segundos. Em seguida, os lingotes numerados foram removidos da resina, e 5 fundidos em uma centrífuga elétrica comum com chama gás/ar. Os corpos-de-prova resultantes foram incluídos em resina, polidos e submetidos ao ensaio de dureza. Verificou-se que existe uma variação de dureza entre as ligas estudadas, sendo que o uso da centrífuga elétrica proporcionou valores de dureza menores do que aqueles proporcionados pela centrífuga comum com chama gás/ar, e que existe uma diminuição na dureza das ligas, quando testadas na forma de "como recebidas" e após a fusão.*

*UNITERMOS: Ligas de cobre; fundição; dureza.*

---

## INTRODUÇÃO

A elevação do preço do ouro estimulou os fabricantes a criarem e a aperfeiçoarem ligas não nobres de menor custo que substituíssem, como uma forma alternativa, o uso das ligas de ouro nos trabalhos odontológicos. Dentre essas, as ligas de cobre foram as que obtiveram maior popularidade, mas apesar de seu excepcional sucesso, segundo SILVA FILHO<sup>15</sup>, a maioria dessas ligas não se apresenta satisfatória quanto à fidelidade de adaptação. O ideal seria que essas ligas pudessem substituir as ligas de ouro em toda sua plenitude, mas enquanto isso não é possível, e no intuito de melhor conhecê-las, vários trabalhos foram realizados<sup>2,3,4,5,6,14,17</sup>.

---

\* Este trabalho recebeu auxílio da FUNDUNESP, através do processo nº 012/88 – DFP.

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

No estudo dos metais, a dureza é sem dúvida uma propriedade fundamental, capaz de expressar diversas outras propriedades mecânicas como limite proporcional, resistência à tração, resistência à abrasão, ductilidade e maleabilidade, cujos valores variam de acordo com ela. A importância do ensaio de dureza, somada à facilidade com que é determinado, fez com que servisse de base para a classificação das ligas de ouro de uso odontológico. Assim, para melhor conhecimento das ligas de cobre, estudar-se-á a dureza de 5 ligas encontradas em nosso comércio, na condição de "como recebidas" e após a fusão, empregando uma centrífuga comum com chama de gás/ar, bem como suas interações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 5 ligas de cobre: Duracast MS (Marquart & Cia Ltda), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda), Orcast (Macrodent Brasil Produtos odontológicos Ltda), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda) e Goldent LA (AJE-Comércio e Representações Ltda).

Para a determinação da dureza Vickers, empregou-se um aparelho para teste de micro-dureza automático Shimadzu, com carga de 200 g atuando por 30 segundos, sobre a superfície polida do corpo-de-prova.

Inicialmente verificou-se a dureza das ligas na condição de "como recebidas". Para isso, 10 lingotes de cada liga foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente, com auxílio de uma prensa (Bueller Ltd. Apparatus for Microstructural Analysis). Após a polimerização da resina, iniciou-se o acabamento manual dos lingotes em uma lixadeira Handmet, passando-se sucessivamente pelas lixas de granulação 240, 320, 400 e 600, resfriados à água. O polimento metalográfico final foi realizado em uma politriz dupla Shimadzu, empregando-se disco de feltro e óxido de estanho, refrigerados a álcool, para evitar o aquecimento do metal. Para cada lingote foram realizadas 5 penetrações com 200 g de carga por 30 segundos, empregando-se a técnica do quadrante, sendo o resultado final a média de 5 leituras. Em seguida, os lingotes foram numerados, desincluídos e empregados na obtenção das peças metálicas usadas na verificação da dureza após a fusão.

Os corpos-de-prova utilizados nesta segunda etapa foram confeccionados a partir de bastões de cera azul para incrustações, marca Kerr, seccionados horizontalmente, em porções de aproximadamente 3 milímetros de espessura, obtendo, assim, amostras de cera de formato hexagonal e com superfícies regulares, o que facilitava o polimento após a fundição. Após a fixação do pino formador do conduto de alimentação, também de cera azul, no centro de uma das faces, o conjunto foi adaptado a um conformador de cadinho, de tal forma que a extremidade do modelo de cera ficasse aproximadamente 8 milímetros aquém da borda superior do anel metálico. Depois do pincelamento do agente umectante no corpo-de-prova, o anel, devidamente forrado com amianto, foi preenchido com revestimento à base de cristobalita (Kerr Indústria e Comércio Ltda), espatulado manualmente durante 1 minuto e na proporção reco-

mendada pelo fabricante. Após a eliminação da cera, a peças metálicas foram obtidas preenchendo-se os anéis com aproximadamente 3 gramas de liga. Para tanto, os cinco primeiros lingotes numerados foram fundidos com auxílio de uma centrífuga comum com chama gás/ar e os 5 restantes, com uma centrífuga elétrica. Após a solidificação, os corpos-de-prova foram desincluídos, limpos, separados do conduto de alimentação com disco carburundum e a seguir incluídos em resina acrílica, polidos e submetidos ao teste de dureza, de maneiras iguais às descritas anteriormente. Foram realizadas 5 séries de corpos-de-prova para cada situação avaliada. Para maior precisão na interpretação, os resultados foram submetidos à Análise Estatística<sup>7</sup>.

## RESULTADOS

Os resultados relativos à dureza de cinco ligas de cobre, na condição de “como recebidas” e após a fusão, empregando-se uma centrífuga comum com chama gás/ar e uma centrífuga elétrica, após serem submetidos à Análise de Variância num esquema fatorial  $4 \times 2 \times 2$ , em um delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições, proporcionaram significância para todas as fontes de variações estudadas. Constatada a significância, verificaram-se pelo Método de Tukey as diferenças existentes.

Na Tabela 1, encontram-se as médias de dureza Vickers das cinco ligas avaliadas e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, pode-se dizer com segurança que a liga Idealloy foi a que apresentou maior grau de dureza, seguida em ordem decrescente pela Goldent, Orcast e das ligas Maxicast e Duracast, que apresentaram valores de dureza estatisticamente iguais.

**TABELA 1 – Médias de Dureza Vickers para fator MATERIAIS e valor crítico para contraste**

<b>Materiais</b>	<b>Dureza</b>	<b>Tukey a 5%</b>
Idealloy	245,22 A	
Goldent L.A.	218,24 B	
Orcast	196,92 C	10,85
Maxicast M.S.	170,19 D	
Duracast	167,22 D	

No quadro 1, estão relacionadas as médias das durezas observadas nos diferentes métodos de fusão.

### QUADRO 1

Método de fusão	Dureza
Chama gás/ar	207,2
Elétrica	191,8

Verifica-se que a utilização da centrífuga elétrica proporciona às ligas valores de dureza inferiores aos daqueles proporcionados quando se utiliza uma centrífuga comum com chama gás/ar.

No quadro 2, são apresentadas as médias das durezas das ligas, obtidas na forma “como recebidas” e após a fusão. Observa-se pelos valores apresentados que existe uma diminuição da dureza das ligas, quando testadas na forma de “como recebidas” e após a fusão.

### QUADRO 2

Condições	Dureza
“Como recebidas”	216,0
Após fusão	183,1

Constatada a significância na interação TRATAMENTOS (Métodos de fusão) x MATERIAIS (Ligas), procedeu-se ao desdobramento para verificar o comportamento conjunto destes dois fatores. A Análise de Variância do desdobramento relativo aos TRATAMENTOS dentro dos MATERIAIS é apresentada na Tabela 2. Por ela, verifica-se que as durezas das ligas Orcastr e Idealloy não são afetadas pelos métodos de fusão empregados.

**TABELA 2 – Desdobramento Tratamentos dentro de Materiais**

FV	SQ	GL	QM	F
T d. Orcastr	7,000	1	7,000	0,05 ns
T d. Idealloy	69,375	1	69,375	0,45 ns
T d. Duracast	4.024,310	1	4.024,310	26,25 **
T d. Maxicast	5.030,750	1	5.030,750	32,81 **
T d. Goldent	984,25	1	984,25	6,42 *

ns – não significante

\*\* – significante a 1%

\* – significante a 5%

Isto pode ser observado no Quadro 3, que relaciona as durezas das ligas quando fundidas na centrífuga elétrica e na centrífuga comum com chama gás/ar.

**QUADRO 3 – Média das durezas das ligas nos diferentes métodos de fusão**

TRATAMENTOS	L I G A S				
	Idealloy	Goldent	Orcast	Maxicast	Duracast
Chama	247,08	225,26	196,33	186,05	181,41
Elétrica	243,36	211,23	197,52	154,33	153,04

Na Tabela 3, encontram-se os dados do desdobramento referente às CONDIÇÕES (“como recebidas” e após a fusão) dentro dos MATERIAIS (ligas). Nela, verifica-se que apenas a liga Idealloy não tem sua dureza diminuída após a fusão.

**TABELA 3 – Desdobramento Condições dentro de Materiais**

FV	SQ	GL	QM	F
C d. Orcast	2.236,630	1	2.236,630	14,59 **
C d. Idealloy	7,625	1	7,625	0,05 ns
C d. Duracast	1.833,630	1	1.833,630	11,96 **
C d. Maxicast	31.442,400	1	31.442,400	205,06 **
C d. Goldent	9.509,130	1	9.509,130	62,02 **

Esta situação é mostrada no Quadro 4, que apresenta as durezas das ligas “como recebidas” e Após a fusão.

**QUADRO 4 – Médias das durezas das ligas nas diferentes condições**

TRATAMENTOS	L I G A S				
	Idealloy	Goldent	Orcast	Maxicast	Duracast
“como recebidas”	245,83	240,05	209,84	207,50	176,80
Após a fusão	244,61	196,44	130,54	186,35	157,65

## DISCUSSÃO

No estudo das ligas metálicas, a dureza é de grande importância, pois ela proporciona informações sobre uma série de outras propriedades. Os resultados do presente trabalho mostram que existe uma grande diferença entre as ligas, sendo a Idealloy a que apresenta maior grau de dureza, seguida em ordem decrescente, pelas ligas Goldent, Orcast e das ligas Maxicast e Duracast, que possuem valores estatisticamente iguais. Levando-se em conta as considerações de que as variações nos valores de dureza estão relacionadas diretamente com a composição da liga<sup>1,10,11,12</sup>, pode-se admitir que as ligas estudadas apresentaram composições diferentes. Segundo SIMONETE<sup>16</sup>, é a desigualdade de composição que explica a diferença de dureza das ligas, uma vez que o aumento do teor de alumínio resulta em dureza crescente, com prejuízo do alongamento, e a presença do ferro proporciona melhor alongamento. Diferenças de dureza entre ligas de cobre foram encontradas por SILVA FILHO<sup>15</sup>, que observou médias de dureza Vickers diferentes, de tal forma que a liga Maxicast apresentou o maior valor, seguida das ligas Idealloy, Duracast e Aurofill AF. Comparando-se estes resultados com os do presente trabalho, nota-se que os valores referentes às ligas Idealloy e Duracast mostram-se condizentes, inclusive quanto a valores, enquanto o da liga Maxicast destoa totalmente. VERONESI<sup>18</sup> também observou diferenças entre estas ligas, obtendo maior valor para a liga Idealloy, enquanto as ligas Duracast e Goldent apresentaram valores menores, o que confirmaria a desigualdade de composição entre as mesmas. Contudo, as diferenças de propriedades não seriam explicadas somente com base na composição das ligas, uma vez que a estrutura também é um fator que age de maneira bastante atuante.

Um fator que questiona nos processos de fundições das ligas de uso odontológico, diz respeito aos métodos de fusão empregados, pois segundo CRAIG<sup>9</sup>, o aquecimento intenso e prolongado durante a fusão é prejudicial, uma vez que isto poderá produzir a evaporação de componentes secundários, ocasionando assim a formação de uma liga, com propriedades diferentes. Atualmente, três são os processos de fusão mais empregados: centrífuga elétrica, centrífuga comum com chama gás/ar, e centrífuga comum com chama gás/oxigênio. Quando se emprega a centrífuga elétrica, espera-se que as alterações na liga sejam insignificantes, uma vez que a fusão é feita no interior de um cadinho de grafite em uma atmosfera redutora, sendo a temperatura de fusão controlada. Por outro lado, quando se empregam chamas, não se controla a quantidade de calor aplicada à liga, fato que se agrava mais, quando do emprego da chama gás/oxigênio, devido ao seu alto poder calorífico, correndo-se sempre o risco do superaquecimento. No presente trabalho, observou-se que a fusão efetuada na centrífuga elétrica proporcionou às ligas valores de dureza inferiores àqueles proporcionados quando se utilizou uma centrífuga comum com chama gás/ar. Estes resultados talvez poderiam ser explicados levando-se em consideração que, durante a fusão com o maçarico, uma grande quantidade de óxidos poderia ser absorvida pela liga líquida, e ao se solidificar, estes óxidos atuariam como elementos endurecedores, proporcionando, assim, valores de dureza maiores do que aqueles obtidos quando do

emprego da centrífuga elétrica, onde a fusão se processaria praticamente livre de óxidos. Convém salientar que nossos resultados estão em desacordo com aqueles obtidos por SILVA FILHO<sup>15</sup> e por VERONESI<sup>18</sup>, que observaram que os métodos de fusão não interferiam, isto é, apresentariam efeitos iguais, sobre a dureza das ligas de cobre.

No estudo das fundições, tem-se notado uma diminuição na dureza das ligas quando são testadas na forma como são encontradas no comércio e após sofrerem a fusão. Este tipo de acontecimento já fora observado por COMERIO<sup>8</sup> e por SANTOS & MIRANDA<sup>13</sup> estudando as ligas de níquel-cromo, e no presente trabalho empregando-se as ligas de cobre, muito embora WALD & COCKS<sup>19</sup> não tenham observado nenhuma alteração drástica, em relação à dureza, em consequência da fusão, quando investigaram quatro ligas experimentais constituídas de cobre, manganês e níquel. Provavelmente, a diminuição de dureza poderia ser explicada com base nos tipos de estruturas existentes nas ligas antes e após a fusão. Deste modo, seria interessante se fazer um estudo mais detalhado junto aos fabricantes para se apurar o processo de obtenção dos lingotes das várias ligas e se comparar suas estruturas, na forma como são encontradas no comércio, e após, na forma de bruto de fusão obtida.

Os resultados também mostraram que além das ligas, métodos de fusão e das condições "como recebidas" e após a fusão, outros fatores estariam envolvidos na determinação das melhores situações capazes de proporcionar maiores durezas às ligas de cobre estudadas. Assim, é razoável que existam condições ideais nas combinações daqueles fatores, que permitam a obtenção de maior dureza. Analisando-se a Tabela 2 juntamente com o Quadro 3, relativos à Interação MATERIAIS X TRATAMENTOS, verifica-se que as ligas Goldent, Maxicast e Duracast são influenciadas pelos métodos de fusão empregados, apresentando menores valores de dureza Vickers, quando são fundidas em uma centrífuga elétrica. Já as ligas Idealloy e Orcast não sofrem esta influência, apresentando números de dureza Vickers estatisticamente iguais, quer sejam fundidas em uma centrífuga elétrica ou em uma centrífuga comum com chama gás/ar.

Com relação à Interação TRATAMENTOS X CONDIÇÕES, analisando-se conjuntamente a Tabela 3 e o Quadro 4, observa-se que apenas a liga Idealloy não teve sua dureza diminuída após a fusão, em relação à condição de "como recebidas" no mercado. As demais, sim. Finalizando, chamamos atenção para as características da liga Idealloy, que apresentou a maior dureza, não foi influenciada pelo método de fusão e não teve sua dureza diminuída após a fusão.

## CONCLUSÕES

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

1 – independentemente dos métodos de fusão e das condições de testes, existe uma diferença de dureza Vickers entre as ligas de cobre, sendo a Idealloy a que apresen-

tou o maior valor, seguida pela Goldent, Orcast e das ligas Maxicast e Duracast, que se apresentaram estatisticamente iguais;

2 – a utilização da centrífuga elétrica proporcionou às ligas valores de dureza inferiores àqueles proporcionados quando se utiliza uma centrífuga comum com chama gás/ar;

3 – existe uma diminuição de dureza das ligas quando são testadas na forma “como recebidas” e após a fusão;

4 – as significâncias observadas nas quatro interações não permitem generalizar sobre seus comportamentos, pois foram as combinações destes elementos que determinaram o procedimento das ligas. Assim:

4.1 – as ligas Goldent, Maxicast e Duracast são influenciadas pelos métodos de fusão empregados, apresentando menores valores de dureza quando fundidas em uma centrífuga elétrica. As ligas Idealloy e Orcast não sofrem essa influência, apresentando durezas iguais quer sejam fundidas em centrífuga elétrica ou em centrífuga comum com chama gás/ar;

4.2 – apenas a liga Idealloy não teve sua dureza diminuída após a fusão.

## 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, P. E. *et alii* – Determination of copper-alloys, in their original form and after casting, according to different melting techniques. **Rev. Odont. UNESP**, São Paulo, **19**: 217-226, 1990.

*ABSTRACT: It was evaluated the Vickers hardness of five high-copper casting alloys, in their original package form and after casting, according to the casting method used. That way, ten ingots, supplied by the manufacturers of each alloy, were included in self-curing acrylic resin, polished, numerated and submitted to Vickers hardness test at load of 200 g during 30 seconds. Afterwards the numerated ingots were removed from the acrylic resin and five of those were cast in an electrical casting machine and the other five in a centrifugal casting machine with an air/gas torch. The specimens obtained were included in self-curing acrylic resin, polished and submitted to Vickers hardness test. As a result it was verified that there is a variation of hardness among the alloys tested, and the use of the electrical casting machine produced lower hardness values than those produced when used the centrifugal casting machine with an air/gas torch. Also, there is a decrease of hardness of the cast alloys when they are tested in their original form and after casting.*

*KEY-WORDS: Copper alloys; casting; hardness.*

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ATTA, J. Y.; MONDELLI, J.; LINS DO VALLE, A.; FRANCO, E. B.; ISHIKIRIAMA, A. & PEREIRA, J. C. – Estudo comparativo da fusibilidade de ligas dos sistemas cobre e prata. *Rev. bras. Odont.*, 65: 2-10, 1988.
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. – Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. bras. Odont.*, 53: 30-3, 1986.
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. Odont. UNESP*, 15/16: 171-6, 1986/87.
5. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odont. UNESP*, 17: 169-73, 1988.
6. BUSATO, A. L. S.; CASTRO, S. C.; GALAN JR, J. J. & ROGERS, J. D. – Análise de óxidos superficiais em ligas não áureas relacionadas com revestimentos para fundição. *Estomat. Cult.*, 13: 83-6, 1983.
7. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. – *Experimental designs*. 2ª ed. New York, John Wiley & Sons, 1957.
8. COMERIO, C. – *Estudo das propriedades físicas das ligas não-preciosas para metalo-cerâmica – Dureza superficial*. Piracicaba, Fac. Odont. Piracicaba-UNICAMP, 1987. (Tese – Mestrado)
9. CRAIG, R. G. – *Restorative dental materials*. 6ª ed. St. Louis, Mosby, 1980.
10. DUNCAN, J. D. – The casting accuracy of nickel-chromium alloys for fixed protheses. *J. prosth. Dent.*, 47: 63-8, 1982.
11. EARNSHAW, R. – Further measurements of the casting shrinkage of dental cobalt-chromium alloys. *Br. dent. J.*, 109: 238-42, 1960.
12. HOLLENBACK, G. M. & E. W. – Shrinkage during casting of gold and alloys. *J. am. dent. Ass.*, 33: 1391-9, 1946.
13. SANTOS, J. F. F. & MIRANDA, M. F. – Propriedades de ligas não preciosas para metalo-cerâmica. *Rev. Ass. paul. Cirurg. Dent.*, 35: 265-71, 1981.
14. SCARANELO, R. M.; BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E. & PELLIZZER, A. J. – Efeitos das técnicas de fusão sobre a fluidez de ligas do sistema cobre-alumínio. In: ENCONTRO DO GRUPO BRASILEIRO DE MATERIAIS DENTÁRIOS, 23, Três Corações, 1987. *Resumos dos Trabalhos Científicos*, p. 9-11.
15. SILVA FILHO, F. P. M. – *Ligas do sistema cobre-alumínio. Efeito 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, Fac. Odont. Araraquara, UNESP, 1983. (Tese – Livre-Docência)
16. SIMONETE, E. L. – *Dentística Restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo, Fac. Odont. São Paulo, USP, 1975. (Tese – Livre-Docência)
17. THOMSON, D. H.; MOSE, J. B.; RICKER, J. B.; GREENDER, E. H. & BRINDSEN, G. I. – Use of high-copper casting alloys: marginal fit of cast coping. *J. prosth. Dent.*, 50: 654-6, 1983.

18. VERONESI, G. S. – *Influência de fontes de calor de fundição na dureza superficial e na formação cristalina de ligas de cobre-alumínio*. Piracicaba, Fac. Odont. Piracicaba, UNICAMP, 1987. (Tese – Mestrado)
19. WALD, F. V. & COCK, F. H. – Investigation of copper-manganese-nickel alloys for dental purposes. *J. dent. Res.*, 50: 48-59, 1971.

Recebido para publicação em 01.06.1989