

CLASSIFICAÇÃO DAS LIGAS PARA FUNDIÇÃO COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE DE USO ODONTOLÓGICO, EM CONSEQÜÊNCIA DA CAPACIDADE DE SOFREREM BRUNIDURA*

Paulo Edson BOMBONATTI**
Ricardo Medeiros SCARANELO**

- **RESUMO:** Estabeleceu-se uma escala numérica para a classificação de cinco ligas com alto conteúdo de cobre e uma experimental, contendo berílio, usadas em fundição, em conseqüência da capacidade de sofrerem brunidura. Para tanto, obteve-se o número de brunidura de cada uma das ligas por meio da divisão da dureza Brinell pela porcentagem de alongamento. Segundo este método, quanto maior o número, maior a dificuldade de se brunir a liga. Os valores foram obtidos sob duas condições de tratamento durante o resfriamento, um rápido, em que, após a solidificação, a liga era resfriada bruscamente em água, e um lento, em que se deixava a liga esfriar lentamente até a temperatura ambiente. Verificou-se que as ligas apresentaram números de brunidura diferentes, e que os tratamentos durante o resfriamento não os influenciavam, com exceção da liga Idealloy, cujos valores são diferentes.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Ligas dentárias; polimento dentário.

Introdução

O aumento no preço das ligas de ouro provocou na Odontologia um maior uso de ligas alternativas, de menor valor econômico, muito embora para Panzeri et al.,¹⁸ o baixo custo não seria uma justificativa para seu emprego. Dentre essas, as ligas com alto conteúdo de cobre para fundição foram as que obtiveram maior sucesso na substituição das ligas de ouro, que, por possuírem propriedades mecânicas semelhantes às das ligas do Tipo III, estão substituindo-as na confecção de próteses parciais fixas. Isto despertou o interesse científico para estas ligas, como comprovam os

* Trabalho financiado pelo CNPq – Processo n.301.110/86-7.

** Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia – UNESP – 16015-050 – Araçatuba – SP.

trabalhos relacionados à fluidez,^{1,2,3,4,5,22} dureza,^{7,15,23,25} rugosidade,^{6,8} microestrutura,^{12,17,25} e desajuste cervical.^{23,24}

Para Custer & Desalvo,¹⁰ uma das condições desejadas em uma restauração metálica fundida é sua perfeita adaptação ao preparo dental; já para Gourley,¹³ além da fidelidade da adaptação, o sucesso da restauração depende muito da capacidade de a liga sofrer brunidura e acabamento. Na opinião de Eames & Little,¹¹ no acabamento e polimento da peça fundida, o espaço existente na interface dente/restauração possui uma importância clínica muito grande, em virtude, principalmente, da solubilidade do meio cimentante. Quando este espaço não é grande, ele poderá ser diminuído pela movimentação do metal com instrumentos apropriados de brunir.

O estabelecimento de uma classificação das ligas com alto conteúdo de cobre empregadas em fundições, em consequência da capacidade de sofrerem brunidura, traria benefícios para a classe odontológica. Assim, o objetivo deste trabalho é estabelecer um número de brunidura para estas ligas, quando submetidas a diferentes tratamentos durante o resfriamento, com o intuito de classificá-las, a fim de capacitar e facilitar o trabalho do dentista na sua seleção.

Material e método

Foram avaliadas seis ligas alternativas, com alto conteúdo de cobre, usadas em fundições, sendo quatro do sistema cobre-alumínio: Duracast (Maquart & Cia. Ltda.), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda.) e Orcast (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda.); uma à base de cobre-zinco, Goldent LA (AJE Comércio e Representações Ltda.); e uma experimental.* Para a obtenção dos corpos-de-prova, foi utilizado um revestimento à base de sulfato, Cristobalite (Kerr Indústria e Comércio Ltda.).

Para o estabelecimento do número de brunidura, isto é, a capacidade de sofrer brunidura de uma liga, foi empregada a fórmula preconizada por Moon & Modjeski,¹⁶ que consiste em dividir a dureza Brinell pela porcentagem de alongamento. Segundo este método, quanto maior este número, maior a dificuldade de se brunir a liga. Os corpos-de-prova usados na verificação da dureza foram obtidos por meio 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, juntamente com um corpo-de-prova destinado

* Fornecida pelo Prof. Guastaldi - Araraquara.

à obtenção da porcentagem de alongamento, representado por um pino cilíndrico de aço, com 2,4 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento. Em seguida, aplicou-se o agente umectante por toda a superfície dos corpos-de-prova, secando-se imediatamente após com jatos de ar, e o conjunto foi incluído no revestimento espatulado manualmente na proporção indicada pelo fabricante e vazado cuidadosamente para o interior de um anel de aço inoxidável com 34 mm de diâmetro por 67 mm de altura, forrado internamente com uma tira de amianto. Após a presa do revestimento, removeram-se o conformador de cadinho e o pino de aço cilíndrico, e o anel foi colocado no Forno (Bravac) e aquecido vagarosamente até 700°C, aí permanecendo em torno de 30 minutos, quando foi preenchido com aproximadamente 6 g de liga, fundidas em uma centrífuga comum com chama de gás/ar. Como a finalidade do trabalho era estabelecer o número de brunidura sob duas condições de resfriamento, no primeiro caso, após a solidificação da liga, o anel foi resfriado bruscamente em água à temperatura ambiente, procedendo-se à desinclusão. No segundo tratamento, o anel foi resfriado lentamente até a temperatura ambiente, quando se fez a desinclusão. Os corpos-de-prova foram separados do conduto de alimentação com discos de carborundo; após limpos e identificados, ficaram prontos os que seriam utilizados na determinação do alongamento. Os corpos-de-prova destinados à verificação da dureza foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente com auxílio de uma prensa (Bueler Ltda. Apparatus for Microstructural Analysis). Após a polimerização da resina, iniciou-se o seu acabamento manual em uma lixadeira Handmet, passando-se sucessivamente pelas lixas de granulação 240, 320, 400 e 600, resfriadas com água. O polimento metalográfico final foi realizado em uma politriz dupla Shimadzu, empregando-se disco de feltro e óxido de estanho, refrigerado a álcool, para evitar o aquecimento do metal.

Na determinação da dureza Brinell, utilizou-se um aparelho de dureza Rockwell, adaptado para Baby Brinell. Para tanto, pressionou-se uma ponta ativa esférica de aço com 1,59 mm de diâmetro com uma carga de 15 kgf por 45 segundos, contra a superfície polida do corpo-de-prova. A esfera deforma permanentemente o corpo-de-prova, deixando impressa uma depressão com forma de uma hemiesfera, cujo diâmetro era medido em um microscópio de mensuração Gartner. Em virtude do aumento na objetiva de leitura, houve a necessidade de se fazerem quatro micropenetrações na superfície do corpo-de-prova, considerando-se o diâmetro final, o valor da somatória das quatro mensurações. O valor total foi relacionado numa tabela que forneceu a dureza correspondente.

Os valores de porcentagem de alongamento foram obtidos a partir do teste de resistência à tração. Para tanto, demarcou-se no corpo-de-prova dois pontos de referência, medindo-se a distância entre eles, sendo, posteriormente, fixado em uma máquina de ensaio universal RIEHLE e submetido à tração até que ocorreu a fratura. O alongamento foi determinado comparando-se o aumento do comprimento do corpo-de-prova após a fratura sob tração com o seu comprimento inicial na fórmula:

$$\% \text{ de alongamento} = \ell_0/l \times 100,$$

onde:

ℓ_0 = aumento em comprimento após a fratura;

l = comprimento inicial.

Foram confeccionados cinco corpos-de-prova para cada situação estudada. Para maior precisão na interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística.⁹

Resultado

Os resultados relativos ao número de brunidura das seis ligas alternativas empregadas em fundições odontológicas, submetidas a dois tratamentos durante o resfriamento após a fusão, depois de serem submetidos à análise de variância num esquema fatorial de 6 x 2, em um delineamento inteiramente casual, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de análise de variância representado na Tabela 1.

Analizando-se a Tabela 1, constata-se que não houve significância estatística para o fator TRATAMENTOS. Constatada a significância para os demais fatores, verificou-se pelo Método de Tukey as diferenças existentes.

Tabela 1 – Quadro de análise de variância

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor F
Ligas	5	1.233,768	246,7536	15,547**
Tratamentos	1	58,311	58,3110	3,673ns
Int. Lig. x Trat.	5	242,171	48,4342	3,051*
Resíduo	48	761,828	15,8714	
Total	59	2.296,078		

* significante a 5%.

** significante a 1%.

ns: não significante.

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios dos números de brunidura, apresentados pelas seis ligas, e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresen-

tados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 5,06, fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que a liga Maxicast apresenta o maior número de brunidura e a Goldent, o menor, ficando as outras com valores intermediários.

Tabela 2 – Número de brunidura para o fator LIGAS e valor crítico para contraste

Ligas	Nº brunidura	Tukey a 5%
Maxicast	20,26 A	
Duracast	15,57 AB	
Orcast	15,50 AB	5,06
Idealloy	13,49 B	
Experimental	10,66 BC	
Goldent	5,67 C	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

Na Tabela 3, encontram-se os valores médios dos números de brunidura, apresentados na interação LIGAS-TRATAMENTOS, e o valor crítico para contraste. A significância observada indica que os números de brunidura das ligas estudadas dependem das combinações destes elementos, mais especificamente, os valores relacionados à liga Idealloy, na qual o tipo de tratamento térmico durante o esfriamento interfere nestes valores, tornando-os estatisticamente diferentes.

Tabela 3 – Número de brunidura estabelecido para a interação LIGAS-TRATAMENTOS e valor crítico para contraste

Tratamentos	Ligas						Tukey a 5%
	Maxicast	Duracast	Orcast	Idealloy	Exper.	Goldent	
R. lento	17,92	14,61	16,26	8,81	11,63	6,04	7,14
R. rápido	22,61	16,54	14,75	18,18	9,69	5,32	

Discussão

Para Sarrett & Richeson,²¹ brunidura, por definição, significa tornar polido ou brilhante por fricção. Em Odontologia, a brunidura envolve o dobramento ou estiramento do metal, ou ambos, para a margem do dente, friccionando-se um brunidor na liga, próximo da margem, enquanto se aplica considerável pressão. Dentre as propriedades mecânicas importantes para se determinar a capacidade de uma liga sofrer brunidura, destacam-se o limite convencional de escoamento, o módulo de elasticidade e a porcentagem de alongamento. Como a dureza também depende do módulo de elasticidade, pode-se estabelecer algumas relações entre essas propriedades. Assim, quanto mais dura for a liga, mais difícil será a sua brunidura. Da mesma forma, quanto menor a porcentagem de alongamento, mais difícil torna-se a brunidura.

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram estabelecer uma escala numérica de brunidura para as ligas com alto conteúdo de cobre, uma vez que elas se comportaram de maneira desigual quanto à capacidade de sofrerem brunidura, existindo uma diferença estatística entre os números apresentados, após as ligas serem fundidas. Esta condição é importante para a seleção da liga, pois é nela que a restauração metálica fundida é normalmente recebida. Observando-se a Tabela 2, verifica-se que os valores obtidos para as ligas à base de cobre-alumínio, com exceção da Maxicast, situam-se em torno de 15, valor considerado por Moon & Modjeski¹⁶ como difícil ou mesmo impraticável para a realização da brunidura. Segundo estes mesmos autores, o valor que provavelmente representaria o limite máximo para se fazer a brunidura, dependendo da técnica empregada, quantidade de abertura e desenho da margem da restauração, seria aquele da liga de ouro Tipo III, que é de 10,9. Diante do exposto, a liga de cobre-zinco, Goldent, e a experimental seriam as únicas entre as estudadas com possibilidades de sofrerem brunidura. Diferenças na capacidade de sofrer brunidura entre as ligas de cobre-alumínio e a de cobre-zinco, mais especificamente entre as ligas Duracast e Goldent, foram verificadas também por Mazer et al.,¹⁴ embora empregassem para essa verificação o índice de brunidura, calculado por meio da divisão do alongamento pelo limite convencional de escoamento. Estas variações de valores encontradas nas ligas com alto conteúdo de cobre fundamentam-se na desigualdade de composição entre elas, fato confirmado por Monteiro Netto¹⁵ por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Desigualdades de propriedades, atribuídas por diferenças de composição, foram também observadas anteriormente por Silva Filho,²³ ao estudar sua dureza e contração de fundição, bem como por Bombonatti et al.,¹ ao analisarem a fluidez, e também por Bombonatti et al.,⁸ quando determinaram a rugosidade média.

Segundo Phillips,¹⁹ o sucesso de um tratamento térmico, devido à complexidade das composições das ligas, dependerá das numerosas transformações que poderão ocorrer no estado sólido. A não-significância observada para os diferentes tipos de tratamentos térmicos demonstrou que a amostragem evidencia a não-rejeição de

igualdade de efeitos que os resfriamentos rápido ou lento proporcionaram ao número de brunidura. Assim, os efeitos produzidos por ambos os tratamentos térmicos são iguais; conseqüentemente, em relação às ligas, eles não influenciam nas propriedades estudadas. Resultado semelhante foi verificado por Quirino dos Santos,²⁰ que não observou variação significativa na dureza Brinell de uma liga de prata-paládio quando era resfriada brusca ou lentamente a partir de 900°C, e também por Silva Filho,²³ ao estudar a contração de fundição e a dureza de quatro ligas do sistema cobre-alumínio. Os altos valores obtidos por este autor para as durezas das ligas Maxicast e Idealloy pressupõem a existência de um baixo alongamento para estas.

A significância observada na interação ligas-tratamentos diz respeito especificamente à liga Idealloy, que teria comportamento diferente ante os tratamentos térmicos, sendo, por isso mesmo, influenciada por eles, como pode ser visto na Tabela 3. Assim, a liga Idealloy, quando deixada resfriar lentamente até a temperatura ambiente após a fundição, permite perfeitamente a brunidura, pois o valor 8,81 é compatível para esse procedimento.

Conclusão

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

- os resultados obtidos permitiram estabelecer uma escala numérica que ordena as ligas quanto à capacidade de sofrerem brunidura;
- as ligas com alto conteúdo de cobre apresentam números de brunidura diferentes, sendo a Maxicast a que possui o maior valor e a Goldent, o menor;
- os diferentes tratamentos térmicos a que as ligas foram submetidas durante o resfriamento não interferem no número de brunidura, com exceção da liga Idealloy, onde os valores são diferentes.

BOMBONATTI, P. E., SCARANELO, R. M. Classification of high copper casting alloys in function of their ability to be burnished. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.25, n.1, p.27-35, 1996.

- **ABSTRACT:** *It was established a numerical scale to classify five high copper casting alloys and one experimental in their ability to be burnished. The burnishability number was obtained by division of the Brinell hardness number by per cent of elongation. The higher the burnishability number, the harder the alloy is to burnish. The values were obtained under two different conditions procedures during cooling, one fast, after solidification the alloy is immersed immediately in water, and another, slow, when the casting were allowed to cool until the environment temperature. As a result, it was verified that the alloys presented different burnishability numbers, and the treatment during cooling do not interfere on them, with exception for Idealloy, that has different values.*
- **KEYWORDS:** *Dental alloys; dental polishing.*

Referências bibliográficas

- 1 BOMBONATTI, P. E. et al. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odontol. UNESP (São Paulo)*, v.14, p.119-23, 1985.
- 2 _____. Ação dos revestimentos fosfatados sobre a fluidez das ligas de cobre-alumínio. *Rev. Bras. Odontol.*, v.43, p.30-3, 1986.
- 3 _____. Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do tipo de revestimento empregado. *Rev. Odontol. UNESP*, v.15/16, p.171-6, 1986/1987.
- 4 _____. Influência da refusão sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v.17, p.169-73, 1988.
- 5 _____. Ação da elevação da temperatura de estufagem de revestimentos fosfatados sobre a fluidez de ligas de cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v.18, p.281-91, 1989.
- 6 _____. 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.
- 7 _____. 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.
- 8 _____. 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.
- 9 COCHRAN, W. G., COX, G. M. *Experimental designs*. 2.ed. New York: John Wiley, 1957.
- 10 CUSTER, F., DESALVO, J. C. The accuracy of castings produced by various investments. *J. Prosthet. Dent.*, v.19, p.273-80, 1968.
- 11 EAMES, W. B., LITTLE, R. M. Movement of gold at cavosurface margins with finishing instruments. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.75, p.147-52, 1967.
- 12 GALLEGO, J., BOMBONATTI, P. E. Sensibilidade da liga odontológica Idealloy quanto aos meios de aquecimento e revestimentos utilizados em sua fusão. *Rev. Odontol. UNESP*, v.20, p.275-84, 1991.
- 13 GOURLEY, J. M. Current status of semi-precious and conventional gold alloys in restorative dentistry. *J. Can. Dent. Assoc.*, v.8, p.453-5, 1975.
- 14 MAZER, R. B. et al. Burnishability of copper base dental alloys. *J. Dent. Res.*, v.67, p.174, 1988. (Abstract 491).
- 15 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. 44p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- 16 MOON, P. C., MODJESKI, P. J. The burnishability of dental casting alloys. *J. Prosthet. Dent.*, v.36, p.404-8, 1976.
- 17 MOTTA, R. G., MONTEIRO NETTO, J. Ligas de cobre: propriedades mecânicas, composição e microestrutura. In: ENCONTRO DO GRUPO BRASILEIRO DE MATERIAIS DENTÁRIOS, 20, 1984, Santa Maria. *Resumos...* Santa Maria, 1984. p.4-6.
- 18 PANZERI, H. et al. Verificação da composição, da dureza superficial e da expansão térmica de uma liga à base de prata-estanho. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.*, v.34, p.248-53, 1980.
- 19 PHILLIPS, R. W. *Skinner materiais dentários*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
- 20 QUIRINO DOS SANTOS, C. J. A. *Contribuição ao estudo de algumas propriedades da liga de prata-paládio (86%-14%) para uso em Odontopediatria*. Araraquara, 1967. 78p. Tese (Cátedra) – Faculdade de Farmácia e Odontologia de Araraquara.

- 21 SARRETT, D. C., RICHESON, J. S. Low-gold alloys for use in operative dentistry. *Oper. Dent.*, v.7, p.63-74, 1982.
- 22 SCARANELO, R. M. et al. Efeitos das técnicas de fusão sobre a fluidez de ligas do sistema cobre-alumínio. *Rev. Odontol. UNESP*, v.19, p.211-6, 1990.
- 23 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, 1983. 96p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
- 24 THOMSON, D. H. et al. Use of high-copper casting alloys: marginal fit of cast coping. *J. Prosthet. Dent.*, v.50, p.654-6, 1983.
- 25 VERONESI, G. S. *Influência de fontes de calor de fundição na dureza superficial e na formação cristalina de ligas de cobre-alumínio*. Piracicaba, 1987. 82p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade de Campinas.