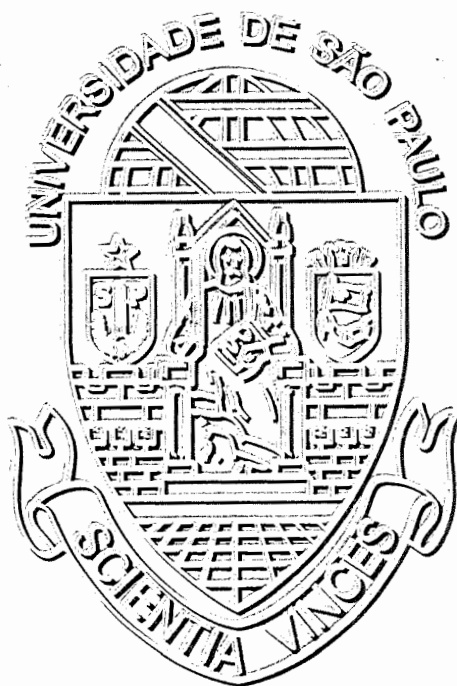


# REVISTA DE ODONTOLOGIA

DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



USP

Catálogo-na-publicação  
Serviço De Documentação Odontológica  
Faculdade De Odontologia Da Universidade De São Paulo

REVISTA DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO. - Vol. 9, n. 2, (1995) - São  
Paulo: Universidade de São Paulo, 1987 -

Trimestral

ISSN 0103-0663

1. Odontologia - Periódicos I. São Paulo.  
Universidade

CDD 617.6005  
Black D05

REVISTA FINANCIADA COM RECURSOS DO

*Programa de Apoio a Publicações Científicas*

MCT



CNPq



finep

# DESENVOLVIMENTO DE UMA LIGA EXPERIMENTAL DE NÍQUEL-CROMO PARA RESTAURAÇÕES METALOCERÂMICAS: ENSAIOS DE DUREZA E RESISTÊNCIA MECÂNICA\*

## DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL NICKEL-CHROMIUM ALLOY FOR CERAMOMETAL RESTORATION: HARDNESS AND TENSILE STRENGTH TESTS

Osvaldo Luiz BEZZON\*\*  
João Manuel Domingos Dalmeida ROLLO\*\*\*  
Heitor PANZERI\*\*\*\*  
Maria da Gloria Chiarello de MATTOS\*\*

BEZZON, O. L. *et al.* Desenvolvimento de uma liga experimental de níquel-cromo para restaurações metalocerâmicas: ensaios de dureza e resistência mecânica. *Rev Odontol Univ São Paulo*, v. 9, n. 2, p. 145-149, abr./jun. 1995.

Com o propósito de contribuir com o estudo das ligas odontológicas alternativas, os autores apresentam os resultados dos ensaios de tração e dureza superficial realizados como parte do desenvolvimento de uma liga experimental de Ni-Cr para restaurações metalocerâmicas. Esses ensaios foram realizados em termos comparativos a uma liga comercial de qualidade comprovada, para a determinação do potencial de uso clínico da liga experimental, e demonstraram que a liga experimental apresenta valores de dureza e resistência mecânica bem superiores aos da liga comercial.

UNITERMO: Ligas de cromo.

## INTRODUÇÃO

Embora esteja bem definida a viabilidade do uso das ligas de Ni-Cr para restaurações metalocerâmicas<sup>4,6,7,10,12</sup>, e sua alta resistência mecânica seja considerada uma vantagem em relação à das ligas áuricas<sup>11</sup>, a dureza superficial elevada dessas ligas pode dificultar sobremaneira as operações de acabamento da restauração.

Em função disso e com o propósito de contribuir com o estudo dessas ligas, este trabalho, como parte do desenvolvimento de uma liga experimental<sup>5</sup>, relata os ensaios de dureza superficial e resistência à tração realizados em termos comparativos a uma liga comercial de Ni-Cr para aplicação semelhante.

## MATERIAL E MÉTODO

### 1. Ligas

Foram estudadas uma liga experimental de Ni-Cr — contendo nióbio e berílio na sua formulação, com pedido de patente nº 9.105.613-6 de 26/12/91 — e uma liga comercial (*Resistal P*, Degussa S.A.). Numa etapa preliminar, essas ligas foram submetidas a análise química, apresentando as composições que constam na Tabela 1.

### 2. Ensaio de dureza superficial

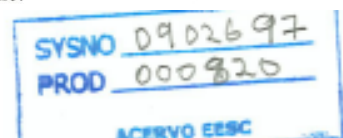
Os ensaios de macrodureza foram realizados segundo a norma E 72-92 da ASTM<sup>2</sup>, com um equipamento Vickers e uma carga de 5 Kg. Para cada liga avaliada, foi determinado um valor médio de 5 medidas nas condições F0 e F1, respectiva-

\* Estudo realizado na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, e Faculdade de Odontologia de São Paulo da Universidade de São Paulo. Parte da tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, área de concentração Reabilitação Oral, para obtenção do título de Doutor.

\*\* Professores Doutores da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

\*\*\* Professor Associado da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

\*\*\*\* Professor Titular da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.



mente, ligas virgens e após serem submetidas ao processo de fundição odontológica. Esse ensaio foi realizado no Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.

Para a condição F0, as medidas de dureza foram feitas, para a liga experimental, em amostras removidas por corte do lingote original e, para a liga comercial, nas faces planas dos cilindros que constituem sua forma comercial.

Para a condição F1, foram obtidos corpos-de-prova em forma de moedas, a partir de padrões de cera com 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, que foram incluídos em revestimento *Termocast* (Polidental). As fundições foram realizadas por chama direta de gás liquefeito de petróleo e oxigênio.

Para as duas condições, as superfícies nas quais as medidas de dureza foram realizadas receberam previamente um polimento metalográfico, que pode ser assim descrito: cada amostra foi embutida em resina e lixada manualmente da lixa 180 até a lixa 600; posteriormente, foi polida com óxido de cromo e, finalmente, com pasta de diamante.

### 3. Ensaio de tração

Foram realizados 2 ensaios de tração: um na condição F0, que, evidentemente, só pôde ser realizado para a liga experimental, e outro na condição F1, para as 2 ligas estudadas.

Para a condição F0, foram obtidos corpos-de-prova por meio da usinagem de tarugos removidos do lingote original da liga experimental, segundo específica a norma E 8-78 da ASTM1. O ensaio foi

realizado em uma máquina *Instron* modelo TTMDL, com uma velocidade de travessão de 2 mm/min e uma célula de carga de 10.000 kg. A deformação até aproximadamente 0,2% foi detectada por um extensômetro resistivo, de comprimento 22 mm, fixado no comprimento de medida do corpo-de-prova. Esse ensaio foi realizado no Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.

Para a condição F1, o ensaio de tração foi realizado utilizando-se o método proposto por MUENCH<sup>8</sup>. Assim, para cada liga, foram obtidos 4 corpos-de-prova cilíndricos da seguinte maneira: em uma base conformadora de cadinho, foram posicionados, equidistantemente, 4 fios de latão com 3 mm de diâmetro e 8 cm de comprimento. Em seguida, um anel de fundição foi encaixado e a inclusão dos fios de latão foi feita com revestimento *Termocast*. Após a presa final do revestimento, com o uso de um alicate, os fios foram removidos do interior do molde, que foi, então, desidratado segundo o que preconiza o fabricante, sendo as fundições realizadas com chama direta de gás e oxigênio.

Após a desinclusão, os fios foram seccionados da sobra do material e limpos com jatos de óxido de alumínio.

Os ensaios foram realizados numa máquina Riehle com velocidade de avanço de 0,02 mm/min, e as deformações foram registradas por um micrômetro Tesa-0,01 mm, acoplado à máquina. Esse ensaio foi realizado no Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

**TABELA 1** - Análise química das ligas estudadas (valores percentuais em peso).

Elemento Químico	Liga Experimental	Liga Comercial
Ni	76,17	61,92
Cr	15,07	20,84
Nb	4,35	3,83
Mo	-	9,39
Fe	0,09	3,30
Mn	2,15	0,15
Si	-	0,14
Cu	0,18	-
Be	1,00	-
C	0,22	0,06

## RESULTADOS

### 1. Análise química

Os resultados da análise química constam na Tabela 1.

### 2. Dureza superficial

Os resultados desse ensaio estão reunidos na Tabela 2 e nos Quadros 1 e 2.

**TABELA 2** - Macro dureza Vickers das ligas experimental e comercial nas condições F0 e F1.

Liga	F0	F1
Experimental	285	267
Comercial	260	172

**QUADRO 1** - Teste de aderência à curva normal: valores originais.

A. Frequências por intervalos de classe							
Intervalos de classe	M-3S	M-2S	M-1S	M+0S	M+1S	M+2S	M+3S
Curva normal	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental	3,33	0,00	26,67	40,00	26,67	3,33	0,00

B. Cálculo do Qui quadrado

Graus de liberdade	4	*Interpretação* A distribuição amostral testada é normal
Valor do Qui quadrado	6,69	
Probabilidade de HO	15,30	

### 3. Ensaio de tração

Os resultados dos ensaios de tração estão reunidos nas Tabelas 3 e 4.

## DISCUSSÃO

A maior resistência mecânica das ligas de Ni-Cr, em comparação com a das ligas áuricas, pode ser considerada uma vantagem para a confecção de restaurações metalocerâmicas, uma vez que qualquer deformação da subestrutura metálica pode induzir trincas no revestimento cerâmico, influenciando diretamente, portanto, na compatibilidade do sistema metalocerâmico.

Esse fato tem um significado clínico muito importante porque a mesma resistência mecânica da liga áurica pode ser conseguida com uma espessura bem menor da liga não nobre, cujos "copings" podem ser reduzidos a 0,1 ou 0,2 mm de espessura, sem debilitar a resistência final da restauração, viabilizando bons resultados estéticos com um menor desgaste de estrutura dental<sup>6,12</sup>.

O ensaio de tração realizado para a liga experimental na condição F0 revelou altos valores de resistência mecânica, embora sejam dados pouco reveladores devido à impossibilidade de se proceder ao estudo comparativo.

O ensaio de tração na condição F1, por sua vez, mostrou que a liga experimental apresenta valores mais altos de tensão de ruptura e limite de propor-

**QUADRO 2** - Teste *t* do ensaio de dureza-condição F1. Significante no nível de 1% ( $\alpha = 0,01$ )

Resultados do teste <i>t</i>	
Valor calculado de <i>t</i>	12,47
Graus de liberdade	8
Probabilidade de igualdade	0,00%
Média da amostra (1)	267,00
Média da amostra (2)	172,00

cionalidade, tendo, por consequência, um menor alongamento.

Em relação ao ensaio de dureza, as 2 ligas apresentaram comportamentos semelhantes no que diz respeito a uma redução dos valores obtidos na condição F1, embora a redução verificada com a liga comercial tenha sido pronunciada.

O alto teor de carbono da liga experimental (Tabela 1) pode ter sido o responsável pelos altos valores de resistência mecânica observados, uma vez que os carbonetos metálicos resultantes, distribuídos na matriz dessas ligas, limitam o escoamento dos planos cristalinos, diminuindo a sua deformação plástica<sup>9</sup>.

Esse alto teor de carbono foi o resultado de 0,48% desse elemento presente na liga eutética Ni-Be, de procedência da Brushwellman\*, que foi utilizada como matéria-prima para a adição de Be à liga experimental. Durante a obtenção da liga, a

**TABELA 3** - Resultado do ensaio de tração na condição F0.

Liga	r	c	alongamento	estricção
	Mpa	Mpa	%	%
Exper.	675,5	378,0	13,75	17,45

r - Tensão de ruptura

c - Limite convencional de escoamento

**TABELA 4** - Resultados do ensaio de tração na condição F1.

Liga	r	Limite de proporcionalidade	Alongamento
	Mpa	Mpa	%
Experim.	920,7	400,3	14,51
Comerc.	484,0	275,0	19,35

\* Brushwellman - South River Road, Elmore, Ohio - 43416.

redução do teor de carbono por meio da sua combinação com o oxigênio e liberação na forma de CO<sub>2</sub> poderia comprometer o teor de Be, muito mais reativo com o oxigênio que o carbono.

Embora alta resistência mecânica seja, de fato, uma vantagem dessas ligas quando comparadas com as ligas áuricas, os maiores valores observados com a liga experimental não podem ser destacados como um fator de superioridade em relação à liga comercial, sem que sejam estabelecidos os efeitos do alto teor de carbono sobre outras propriedades igualmente importantes para o desempenho clínico satisfatório dessas ligas.

Além disso, valores excessivamente altos de dureza e resistência mecânica, como já foi dito anteriormente, podem dificultar as operações de corte e acabamento da restauração, se bem que a associação pura e simples da dureza superficial com a dificuldade de polimento parece não ser uma situação real, como tem sido constatado em testes preliminares de um estudo de abrasão, que será apresentado oportunamente.

Em publicações posteriores, serão apresentados os resultados dos ensaios comparativos de corrosão, fusibilidade, contração de fundição e resistência da união metalocerâmica, realizados como uma forma de avaliar, de forma definitiva, o potencial de uso clínico dessa liga experimental.

## CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos, é lícito concluir que:

1. A liga de Ni-Cr experimental apresentou valores mais altos de resistência mecânica e dureza superficial quando comparada com a liga comercial.
2. Com as duas ligas, foi registrada uma redução da dureza após a fundição odontológica, embora, com a liga comercial, essa redução tenha sido acentuada.
3. A redução da porcentagem de carbono da liga experimental, se prejudicial para outras propriedades fundamentais, poderia ser realizada a partir da utilização de matéria-prima livre de carbono.

---

BEZZON, O. L. *et al.* Development of an experimental nickel-chromium alloy for ceramometal restoration: hardness and tensile strength tests. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 9, n. 2, p. 145-149, abr./jun. 1995.

The purpose of this paper is to contribute with the study of alternative alloys in dentistry. The results of superficial hardness and tensile strength tests of an experimental Ni-Cr alloy for ceramometal restoration, as compared to a high quality Ni-Cr commercial alloy, showed higher values for the experimental alloy. These tests were carried out in order to determine the potential clinical use of the experimental alloy.

UNITERMS: Chromium alloys.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standard**. Philadelphia : ASTM, 1978. Part 10, p. 160.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standard**. Philadelphia : ASTM, 1978. Part 10, p. 271.
3. BARAN, G. R. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. **J Prosthet Dent**, v. 50, n. 5, p. 639-649, Nov. 1983.
4. BESSING, C. *et al.* Potentiodynamic polarization analysis of low-gold and silver-palladium alloys in three different media. **Dent Mater**, v. 3, n. 3, p. 153-159, June 1987.
5. BEZZON, O. L. **Desenvolvimento de ligas à base de níquel-cromo e ferro-cromo para aplicações como materiais restauradores odontológicos**. Ribeirão Preto, 1990. 113 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
6. MOFFA, J. P. *et al.* An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I - Physical properties. **J Prosthet Dent**, v. 30, n. 4, p. 424-431, Oct. 1973.
7. MOFFA, J. P. Physical and mechanical properties of gold and base metal alloy. National Institute of Health, Department of Education and Welfare, Bethesda, Maryland, Summer 1977. **Proceedings**. p. 81-93.

8. MUENCH, A. Propriedades físicas, resistência à corrosão, soldagem e custo relativo de uma liga de ouro branca. **Rev Fac Odontol Univ São Paulo**, v. 19, n. 1, p. 19-24, jan. 1981.
9. PHILLIPS, R. W. **Materiais dentários de Skinner**. 8 ed. Trad. Dioracy F. Vieira. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. p. 401.
10. PRESTON, J. D.; BERGER, R. Some laboratory variables affecting ceramometal alloys. **Dent Clin North Am**, v. 21, n. 4, p. 717-728, Oct. 1977.
11. PRESWOOD, R. G. *et al.* A base metal alloy for ceramometal restoration. **J Prosthet Dent**, v. 44, n. 12, p. 624-629, Dec. 1980.
12. WEISS, P. A. New design parameter utilizing the properties of nickel-chromium superalloys. **Dent Clin North Am**, v. 21, n. 4, p. 769-785, Oct. 1977.

Recebido para publicação em 22/11/94

Aceito para publicação em 15/09/95