**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO**

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE RESISTÊNCIA À ABRASÃO E
DUREZA DE LIGAS ODONTOLÓGICAS DE METAIS BÁSICOS
PARA RESTAURAÇÃO METALOCERÂMICA**

CELSO DE BARROS

*Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Ribeirão Preto da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de DOUTOR
em Reabilitação Oral, junto ao Departamento
de Materiais Dentários e Prótese.*

RIBEIRÃO PRETO

2002

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO**

**AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE RESISTÊNCIA À ABRASÃO E
DUREZA DE LIGAS ODONTOLÓGICAS DE METAIS BÁSICOS
PARA RESTAURAÇÃO METALOCERÂMICA**

CELSO DE BARROS

*Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Ribeirão Preto da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de DOUTOR
em Reabilitação Oral, junto ao Departamento
de Materiais Dentários e Prótese.*

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Luiz Bezzon

RIBEIRÃO PRETO

2002

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pela Biblioteca Central do Campus Administrativo de
Ribeirão Preto / USP.**

Barros, Celso de

Estudo da relação entre resistência à abrasão e dureza de
odontológicas de metais básicos para restauração metalocerâmica.
Ribeirão Preto, 2002.

82 p.: il.; 30 cm

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Odontologia de
Ribeirão Preto / USP – Área de concentração: Reabilitação Oral.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Luiz Bezzon

1. Ligas odontológicas. 2. Abrasão. 3. Dureza.

Endereço para correspondência:
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP
Departamento de Materiais Dentários e Prótese
Av. do Café s/n - Monte Alegre
14040-904 - Ribeirão Preto - SP

CELSON DE BARROS

Data da Defesa: 31/07/2002

Banca Examinadora

Prof. Dr. Osvaldo Luiz Bezzon (orientador) / Prof. Titular / Faculdade de Odontologia de
Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. João Manuel Domingos de Almeida Rollo / Prof. Livre-docente / Escola de
Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Mário Fernando de Góes / Prof. Titular / Faculdade de Odontologia de Piracicaba
/ Universidade de Campinas.

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Carlos dos Reis Pereira de Araújo / Prof. Doutor / Faculdade de Odontologia de
Bauru / Universidade de São Paulo.

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. Iara Augusta Orsi / Profa. Doutora / Faculdade de Odontologia de Ribeirão
Preto / Universidade de São Paulo.

Julgamento: _____ Assinatura: _____

“Quando nada parece ajudar eu vou e olho o cortador de pedras martelando uma rocha, talvez cem vezes, sem que nenhuma rachadura apareça. No entanto, na centésima primeira martelada, a pedra se abre em duas e eu sei que não foi somente aquela que conseguiu, mas todas as que vieram antes”.

Por isso, ***DEDICO ESTE TRABALHO:***

aos meus pais, ***José Cândido e Diva***, pelo
esforço, apoio, carinho e incentivo constantes
que me proporcionaram transpor as dificuldades
e chegar neste estágio da profissão;

e à minha doce e querida avó ***Elvira***,
pela descrição de seus gestos, em toda a vida,
fazendo-me compreender a sobreposição
da humildade perante o orgulho.

O homem atrás do balcão olhava a rua de forma distraída. Uma garotinha aproximou-se da loja e amassou o narizinho contra o vidro da vitrine. Os olhos da cor do céu brilhavam quando viu um determinado objeto. Entrou na loja e pediu para ver o colar de turquesa azul.

- *É para minha irmã. Pode fazer um pacote bem bonito?*, disse ela.

O dono da loja olhou desconfiado para a garotinha e lhe perguntou:

- *Quanto dinheiro você tem?*

Sem hesitar, ela tirou da saia um lenço todo amarradinho e foi desfazendo os nós. Colocou-o sobre o balcão e feliz, disse:

- *Isso dá?*

Eram apenas algumas moedas que ela exibia orgulhosa.

- *Sabe, quero dar este presente para minha irmã mais velha. Desde que morreu nossa mãe, ela cuida da gente e não tem tempo para ela. É aniversário dela e tenho certeza que ficará feliz com o colar que é da cor de seus olhos.*

O homem foi para o interior da loja, colocou o colar em um estojo, embrulhou com vistoso papel vermelho e fez um laço caprichado com uma fita verde.

- *Tome, disse para a garota. Leve-o com cuidado.*

Ela saiu feliz, saltitando pela rua abaixo.

Ainda não acabara o dia quando uma linda jovem de cabelos loiros e maravilhosos olhos azuis entrou na loja. Colocou sobre o balcão o já conhecido embrulho desfeito e indagou:

- *Este colar foi comprado aqui?*

- *Sim, senhora.*

- *E quanto custou?*

- *Ah! Falou o dono da loja. O preço de qualquer produto da minha loja é sempre um assunto confidencial entre o vendedor e o cliente.*

A moça continuou:

- *"Mas minha irmã tinha apenas algumas moedas! O colar é verdadeiro, não é? Ela não teria dinheiro para pagá-lo!"*

O homem tomou o estojo, refez o embrulho com extremo carinho, colocou a fita e o devolveu à jovem.

- *Ela pagou o preço mais alto que qualquer pessoa pode pagar. ELA DEU TUDO O QUE TINHA.*

O silêncio encheu a pequena loja e duas lágrimas rolaram pela face emocionada da jovem enquanto suas mãos tomavam o pequeno embrulho.

Verdadeira doação é dar-se por inteiro, sem restrições. Gratidão não coloca limites para os gestos de ternura. Seja sempre grato, mas não espere pelo reconhecimento de ninguém. Gratidão não apenas aquece quem recebe, como reconforta quem oferece.

MUITO OBRIGADO,

Ao prof. *Dr. João Manuel Domingos de Almeida Rollo*, pelo incentivo e orientação constantes, fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos *Srs. Pedro Luiz di Lorenzo e José Silvano Cerqueira Lima*, técnico de laboratório do Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, pelo valioso apoio técnico durante toda a pesquisa.

Ao Sr. *José Godói Filho*, técnico de laboratório do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da FORP-USP, pela participação na obtenção dos corpos-de-prova de titânio.

Ao laboratório *ART DONT*, sob a administração do Sr. César Simões Azenha, pela atenção e participação direta na confecção dos corpos-de-prova das ligas de Ni-Cr e Co-Cr.

Ao Sr. *Amauri da Costa Vicari*, funcionário da oficina da prefeitura do Campus Administrativo de Ribeirão Preto – USP, pela expressiva colaboração na retificação dos padrões de nylon utilizados no processo de fundição dos corpos-de-prova.

À *CNG*, sob a administração do engenheiro Sr. Luiz Fernando Buratto, pela atenção e informações, importantes para o enriquecimento do trabalho.

Aos profs. *Drs. Geraldo Maia Campos e Iara Augusta Orsi*, pela atenção e importante orientação na realização da análise estatística.

Ao Sr. *Marcelo Pessolo dos Santos* pela, valiosa atenção dedicada na formatação deste trabalho.

Aos profs. do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da FORP - USP, pela atenção despendida na convivência diária.

Aos profs. vinculados ao programa de Pós-graduação na área de Reabilitação Oral da FORP -USP, pela orientação e apoio.

À Sra. *Maria Cristina M. Ferreira*, funcionária da Biblioteca Central da Prefeitura do Campus Administrativo de Ribeirão Preto – USP, pela valiosa disponibilidade, atenção e responsabilidade dedicada na revisão do texto.

À profa. *Laudenete F. Ramalho*, pelas valiosas sugestões na correção ortográfica do texto.

À *Isabel Cristina G. Sola e Regiane Cristina Moi Sacilotto*, funcionárias da secretaria da seção de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP, pela atenção e paciência despendidas.

À *Regiane de Cássia Tirado Damasceno e Maria Tereza de Freitas Iossi*, funcionárias do departamento de Materiais Dentários e Prótese pela atenção e paciência despendidas.

À profa. *Dra. Lauralice de Campos Franceschini Canale*, pela disponibilidade do laboratório, sob sua responsabilidade, para a realização dos testes de abrasão.

À *Data Net Informática*, administrada pelos Srs. Marcos Valério Rufim e Edgard Rufim Jr., pelo apoio técnico despendido.

Aos *professores*, membros titulares e suplentes, pelas valiosas sugestões na composição final do texto.

Ao *CNPQ*, por financiar parte do trabalho (proc. n. 144785/1998-6).

Prof. Dr. Osvaldo Luiz Bezzon

PROCURA-SE

Procura-se um amigo. Não precisa ser homem, basta ser humano, basta ter sentimento, basta ter coração. Precisa saber falar e calar, sobretudo saber ouvir o que as palavras não dizem. Ter que gostar de poesia, de madrugada, de pássaros, das estrelas, do sol, da lua, do canto dos ventos e das canções da brisa.

Deve ter amor, um grande amor por alguém, ou então sentir falta de não ter esse amor. Deve amar o próximo e respeitar a dor que os passantes levam consigo. Deve guardar segredo sem se sacrificar. Não é preciso que seja de primeira mão, nem é imprescindível que seja de segunda mão. Pode já ter sido enganado, pois todos os amigos são enganados. Não é preciso que seja puro, nem que seja de todo impuro, mas não deve ser vulgar. Deve ter um ideal e medo de perdê-lo e, no caso de assim não ser, deve sentir o grande vácuo que isso deixa.

Tem de ter ressonâncias humanas, seu principal objetivo deve ser o de amigo. Deve sentir pena das pessoas tristes e compreender o imenso vazio dos solitários. Deve gostar de crianças e lastimar as que não puderam nascer.

Procura-se um amigo para gostar dos mesmos gostos, que se comova quando chamado de amigo. Que saiba conversar de coisas simples, de orvalho, de grandes chuvas e das recordações da infância.

Preciso de um amigo para não enlouquecer, para contar o que vi de belo e triste durante o dia, dos anseios e das realizações, dos sonhos e da realidade.

Deve gostar de ruas desertas, de poças d'água e de caminhos malhados de beira de estrada, de mato depois da chuva, de se deitar no capim.

Preciso de um amigo que diga que vale a pena viver, não porque a vida é bela, mas porque já tenho um amigo.

Preciso de um amigo para parar de chorar. Para não viver debruçado no passado em busca de memórias perdidas.

Que bata nos ombros sorrindo e chorando, mas que me chame de amigo, para que eu tenha a consciência de que ainda vivo.

Obrigado pela orientação, atenção e confiança.
Você foi mais do que um orientador. Você foi um **AMIGO**.
Serei sempre grato!!!

Este trabalho foi realizado nas seguintes instituições:

- Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
- Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	04
3. PROPOSIÇÃO	44
4. MATERIAL E MÉTODO	45
4.1. Ligas metálicas	45
4.2.1. Obtenção dos corpos de prova	46
4.2. Ensaio	47
4.2.1. Ensaio de abrasão	47
4.2.2. Determinação dos valores de dureza	49
4.2.3. Determinação do peso (gramas)	49
4.3. Análise metalográfica	49
4.4. Análise estatística	50
5. RESULTADOS	52
6. DISCUSSÃO	64
7. CONCLUSÕES	72
8. ANEXOS	73
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
10. APÊNDICE	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura e sigla	Significado
Et al.	e colaboradores
Kg	Quilograma
1 Kgf	1 Quilograma-força = 9,807 Newtons
1 Libra	453,6 gramas
mm	Milímetro
m	Metro
1 mega	10^6
ml	Mililitro
min	Minuto
MOD	Mésio-ocluso-distal
Mpa = MN/m^2	Megapascal = Mega-Newton/ m^2
seg	Segundo
$\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$	micrômetro
ISO	International Organization Standard
ADA	American Dental Association

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Por cento
°C	Grau Celsius
>	Maior
<	Menor
=	Igual
#	Granulação
Al	Alumínio
Bal	Complemento para 100%
Be	Berílio
C	Carbono
Cd	Cádmio
Co	Cobalto
Cr	Cromo
Fe	Fe
g	Gramas (s)
Ga	Gálio
H	Hidrogênio
H ₂ O	Água
Ir	Írídio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
Nb	Nióbio
Ni	Níquel
O	Oxigênio
P	Fósforo
Pd	Paládio
Pl	Platina
S	Enxofre
Si	Silício
Sn	Estanho
W	Tungstênio
Ti	Titânio
V	Vanádio
Zn	Zinco

RESUMO

Barros, C. **Estudo da relação entre resistência à abrasão e dureza de ligas odontológicas de metais básicos para restauração metalocerâmica.** 2002. 82p. Tese Doutorado – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Embora haja grande exigência por restaurações estéticas livres de metal, restaurações metalocerâmicas, cujas subestruturas feitas com ligas de metais básicos, são procedimentos de rotina nos planejamentos restauradores protéticos. No entanto, a alta resistência ao desgaste destas ligas, caracterizada pela grande dificuldade de acabamento e polimento, tem sido associada à dureza, geralmente elevada. A proposta deste estudo foi avaliar resistência à abrasão e dureza de seis ligas de metais básicos (4 ligas de Ni-Cr, 1 liga de Co-Cr e 1 Ti comercialmente puro – 99,5% Ti) disponíveis comercialmente para uso com cerâmica. A resistência à abrasão foi determinada pela perda de peso dos corpos-de-prova, ao longo de 4 séries de ciclos de abrasão. A dureza Rockwell 30N também foi avaliada nos mesmos intervalos. Os dados foram analisados com o nível de significância $\alpha = 0,05$. O teste de regressão e correlação da resistência à abrasão e dureza mostrou que para 3 ligas de Ni-Cr (Vera Bond, Vera Bond II e Wiron 99) a linha de regressão foi descendente, indicando que um aumento na dureza correspondeu a uma redução nos valores de perda de peso, enquanto para 1 liga de Ni-Cr (Neochrom) a linha de regressão foi ascendente, indicando um aumento nos valores de perda de peso, apesar de um aumento na dureza. Por outro lado, para a ligas de Co-Cr (New Ceram) e de titânio (Rematitan), os valores de perda de peso se mantiveram constantes. As ligas avaliadas tiveram baixos coeficientes de correlação entre resistência à abrasão e dureza. A análise metalográfica revelou particularidades que podem ter sido determinantes para as taxas de desgaste de cada material. Com exceção da liga de titânio, não houve mudanças metalográficas das ligas avaliadas, durante as séries de ciclos de abrasão.

Palavra-chave: Ligas Odontológicas, Abrasão, Dureza

ABSTRACT

Barros, C. Study of relationship between abrasion resistance and hardness of dental base metal alloys for metal ceramic restoration. 2002. 82p. Tese Doutorado – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

In spite of the demand for metal free restorations, metal ceramic restorations using base metal alloys are routine in prosthodontics. Nevertheless, the high abrasion resistance of base metal alloys, characterized by difficulty in finishing and polishing, has been related to excessive hardness. The purpose of this study was to evaluate abrasion resistance and hardness of six base metal alloys (4 Ni-Cr alloys, 1 Co-Cr alloy and 1 commercially pure Ti alloy – 99.5% Ti) available commercially for use with fused porcelain. Abrasion resistance was determined by specimen weight loss along 4 series of abrasion cycles. The Rockwell 30N hardness was also determined in the same periods. Data were analyzed statistically with the level of significance set at $\alpha = 0.05$. Regression and correlation analysis of abrasion resistance and hardness showed that for three Ni-Cr alloys (Vera Bond, Vera Bond II and Wiron 99) the regression lines descended indicating that an increase in hardness corresponded to a reduction in weight loss, whereas for one Ni-Cr alloy (Neochrom) the regression line ascended indicating an increase in weight loss in spite of an increase in hardness. On the other hand, for the Co-Cr alloy (New Ceram) and Ti (Rematitan), the weight loss remained constant. The alloys tested had low correlation coefficients between abrasion resistance and hardness. Microscopic analysis showed details that may have been determining for the weight loss rate of each material. With the exception of the titanium alloy, there were no metallographic changes of the alloys tested during the abrasion tests.

Key-words: Dental Alloys, Abrasion, Hardness

1 INTRODUÇÃO

Restaurações ou reposições de superfícies mastigatórias são procedimentos que têm como objetivo o tratamento de várias condições patológicas bucais (MAHALICK et al., 1971).

Embora haja grande exigência por restaurações estéticas livres de meta e conseqüente desenvolvimento de técnicas e materiais inovadores, restaurações com subestruturas metálicas, principalmente as metalocerâmicas, ainda são procedimentos de rotina nos planejamentos restauradores protéticos.

O desenvolvimento de coroas e próteses fixas metalocerâmicas iniciou-se a partir da década de 50. Desde então, as tradicionais ligas de metais nobres para próteses fixas foram substituídas por não apresentarem propriedades físicas e mecânicas necessárias para uso com cerâmica. Assim, concomitante aos avanços na área das cerâmicas, houve a introdução de novas ligas de ouro que, durante muitos anos, foram predominantemente usadas para confecção de subestruturas metálicas de restaurações metalocerâmicas (O'BRIEN et al., 1964).

A partir da década de 70, o ouro teve aumento significativo no custo (MOFFA et al., 1973a; WANG & LI, 1998). Como resultado, estudos foram conduzidos no sentido de desenvolver ligas de metais básicos, de custo relativamente baixo, como material alternativo às ligas de ouro.

Evidentemente o alto custo do ouro, por si, não justificaria o uso de materiais restauradores de qualidade inferior. Na realidade, contribuiu para incrementar o número de pesquisas por novos materiais, o que proporcionou o desenvolvimento de ligas de metais básicos, também chamadas alternativas, com propriedades físicas e mecânicas

comparáveis às das ligas de metais nobres, possibilitando situações clínicas bastante favoráveis.

A ampla diferença de densidade, somada ao alto custo do ouro por unidade de peso, foi motivo ainda maior para implementar o uso destes novos materiais tanto que, em 1981, a American Dental Association constatou que as ligas de Ni-Cr e Co-Cr já eram usadas por 70% dos laboratórios e representavam quantidade considerável de trabalhos de prótese fixa (OLIN et al., 1989).

Na década de 80, o titânio também surgiu como material protético alternativo ao ouro (KING et al., 1994). A excelente biocompatibilidade do titânio, associada às adequadas propriedades químicas, físicas e mecânicas (TAÍRA et al., 1989), e a marcante evolução na tecnologia de fundição, têm estimulado seu uso para confecção de subestruturas de restaurações fixas e removíveis. Apesar da exigência de um processo metalúrgico de produção sofisticado, o titânio ainda é considerado um material de baixo custo.

Embora, hoje em dia, países desenvolvidos estejam estimulando o retorno ao uso de ligas nobres na confecção de subestruturas para restaurações metalocerâmicas, no Brasil, o contato com profissionais da área mostra que as ligas de metais básicos, principalmente de Ni-Cr e Co-Cr, apesar de não serem universalmente aceitas (WANG & LI, 1998) pelo caráter citotóxico de alguns elementos metálicos presentes na sua composição (KELLY & ROSE, 1983; BEZZON, 1993), predominam sobre as demais, sendo o uso do titânio ainda incipiente.

A alta resistência ao desgaste das ligas de metais básicos tem sido associada à dureza, geralmente elevada (CIVJAN et al., 1972; KING et al., 1994). Uma restauração com maior valor de dureza tende a manter a superfície polida por mais tempo devido à sua alta resistência ao risco, mas é mais difícil para ajuste e acabamento superficial (MOON & MADJESKI, 1976; MORRIS, 1989, 1990; KING et al., 1994).

Há um conceito popularmente mantido de que a resistência ao desgaste de um material pode ser prevista pelas características de resistência mecânica e dureza (HARRISON & DRAUGHN, 1976; BARAN, 1983). Estudos mostraram, entretanto, que pode não haver relação direta entre resistência, dureza e desgaste abrasivo (Moser & Greener (1972, 1973) apud HARRISON & DRAUGHN, 1976). BEZZON et al. (2001)

concluíram que o uso de valores de dureza para estimar a resistência à abrasão de uma liga pode acarretar um conceito errôneo.

É comum a abrasividade ser diretamente relacionada à dureza (JACOBI et al., 1991). No entanto, o estudo da taxa de desgaste abrasivo é um mecanismo complexo (HARRISON & DRAUGHN, 1976; DRAUGHN & HARRISON, 1978; ANUSAVICE, 1996). Portanto, relacionar dureza superficial diretamente com maior ou menor dificuldade de usinagem de ligas odontológicas de metais básicos necessita de especial atenção, que será objetivo deste estudo.