

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ÀS FORÇAS DE CISALHAMENTO DE PORCELANAS APLICADAS SOBRE LIGA DE NÍQUEL-CROMO E COBALTO-CROMO

Evaluation of the resistances to porcelain shear forces applied on nickel-chromium and cobalt-chromium league

RESUMO

Foi comparada a resistência de união metal-porcelana frente à força de cisalhamento entre uma liga de níquel-cromo sem berílio, Verabond II® e duas ligas de cobalto-cromo, New Ceram® e Wirobond C®, associadas a duas porcelanas, Omega 900® e Noritake EX-3®. Os resultados da análise e dos testes estatísticos mostraram que os grupos tomados em conjunto são estatisticamente diferentes entre si, no entanto, existem grupos estatisticamente iguais, formando dois conjuntos. Conjunto A: formado pelos grupos Verabond II® x Noritake, Verabond II® x Vita, Wirobond-C® x Noritake e conjunto B: New-Ceram® x Noritake, Wirobond-C® x Vita, New-Ceram® x Vita, sendo o conjunto B estatisticamente superior ao conjunto A. Assim, pela metodologia e resultados obtidos as ligas de cobalto-cromo tiveram resultados superiores às de níquel-cromo.

Palavras-chave: resistência ao cisalhamento; ligas de cobalto-cromo; ligas de níquel-cromo.

ABSTRACT

The porcelain-metal bonding strength between two cobalt-chrome alloys (New-Ceram® and Wirobond-C®) and one nickel-chrome alloy without beryllium (Verabond II®) associated with two types of porcelain, Omega 900® and Noritake EX-3® was compared in this work. Based on the results of the statistical analysis and tests it can be stated that the groups established are statistically different within them, however there are two groups which are statistically equal, thus forming two groups. Group A: Verabond II® x Noritake®, Verabond II® x Vita®, Wirobond-C® x Noritake®; and Group B: New-Ceram® x Noritake®, Wirobond-C® x Vita®, New-Ceram® x Vita®, Group B showing results statistically superior than Group A. Thus, the cobalt-chrome alloys had superior results in comparison to the nickel-chrome alloys according to the methodology adopted and the results obtained.

Keywords: shear strength; chromium alloys; chromium alloys.

José Aloísio FERNANDES

Coordenador do Curso de Especialização em Prótese Dental. ABO Juiz de Fora. Rua Eurico Vianna, 04, Centro, 36010010, Juiz de Fora, MG, Brasil. Correspondência para / *Correspondence to*: J.A. Fernandes.

INTRODUÇÃO

No século passado, na década de 50, foram desenvolvidas pesquisas visando o desenvolvimento do material ideal para as restaurações, combinando a resistência de uma estrutura metálica com a estética da porcelana¹. Desta combinação surgiram as coroas metalocerâmicas, que a partir de uma infra-estrutura metálica, a base de ligas nobres oxidada, recoberta com porcelana, confecciona-se uma coroa com as vantagens da adaptação marginal e resistência do metal e as características funcionais e estéticas da cerâmica. A compatibilidade das restaurações metalocerâmica depende da combinação das propriedades de ambos, metal e porcelana. O sucesso desta combinação requer que o metal e a porcelana sejam química, térmica e mecanicamente compatíveis². A compatibilidade química implica na formação de uma união forte que deverá resistir ao estresse térmico residual e às forças mecânicas solicitadas clinicamente. A compatibilidade térmica e mecânica inclui uma temperatura de fusão que não cause distorção do substrato metálico, devendo existir um grau de proximidade entre o coeficiente de expansão térmica linear (C.E.T.L.) do metal e da porcelana. A compatibilidade química implica na formação de uma união forte durante a queima da porcelana e envolve a formação de uma camada de óxido na superfície metálica, e que cujo controle favorecerá a união química da porcelana ao metal.

A utilização de ligas não nobres se difundiu a partir dos trabalhos de Moffa³, que utilizou ligas de níquel-cromo com resultados significativamente mais altos que os obtidos com as ligas áuricas no que diz respeito à resistência de união metal-porcelana.

Apesar de não haver uma liga ideal, outras vantagens foram encontradas nas ligas de níquel-cromo, tais como, módulo de elasticidade, que é o dobro das ligas áuricas, menor densidade, maior resistência e menor flexibilidade, além do baixo custo⁴.

A adesão da porcelana ao metal⁵ se deve principalmente a três tipos de forças: física – ou forças de Van der Waals; química – força gerada pela troca de óxidos na interface metal-porcelana; mecânica – força de compressão, originada pela diferença de coeficiente de contração térmica da porcelana e do metal, forma de contorno da estrutura metálica e das condições de sua superfície. Todos os três mecanismos requerem molhamento da superfície metálica com a porcelana durante a sua cocção.

Estudando ligas de níquel-cromo e cobalto-cromo destacaram o níquel e o cromo como os metais mais presentes e que a adição do cromo aumenta a dureza e a resistência à oxidação da liga, e que pequenas alterações na composição destas levariam a diferentes comportamentos⁶.

O aumento do custo dos metais nobres e a demanda por ligas com grande resistência ao escoamento, quando da queima da porcelana, despertou o interesse no desenvolvimento de ligas de metais básicos para satisfazer a estas necessidades. Estas ligas são quase todas baseadas na combinação níquel-cromo, cobalto-cromo ou níquel-cromo titânio. Em relação às propriedades mecânicas⁷, as ligas de cobalto-cromo são superiores às ligas áuricas.

A resistência de união metal-porcelana⁸ de duas ligas de cobalto-cromo (WIROBOND C®, Remanium 2000®) e a porcelana Omega 900® foram avaliadas e os resultados não mostraram diferenças estatísticas entre os valores das duas ligas.

Comparando duas ligas de cobalto-cromo⁹ (New Ceram® e Wirobond C®) e níquel-cromo (Wironia®) com a cerâmica Omega 900®, encontrou-se valores similares entre as ligas de cobalto-cromo, porém Wirobond C® e Wironia® diferiram estatisticamente. Também comparando resistência de união entre três ligas de cobalto-cromo (IPS 20®, IPS 30® e Remanium 2000®) e uma de níquel-cromo (Wironia®) com a porcelana Omega 900®, Jóias¹³ encontrou valores estatisticamente similares para IPS 20®, IPS 30® e Wironia®, mas Remanium 2000® obteve valores estatisticamente inferiores às demais.

Para a resistência ao cisalhamento de duas ligas de cobalto-cromo (IPS d. Sign 20® e Argeloy NP®) e duas ligas de níquel-cromo (4ALL® e Wiron 99®) a porcelana utilizada foi a IPS d. Sign 20® foram avaliadas e concluiu-se que não houve diferença estatística entre as quatro ligas estudadas¹⁰.

As ligas de cobalto-cromo ainda são pouco utilizadas em relação às de níquel-cromo, apesar de terem comportamento, frente a forças de união, superior ao de ligas de níquel-cromo e áuricas¹¹.

Strietzel (Comunicação pessoal*) cita que a principal união entre a liga e a cerâmica ocorre nas camadas passivas constituídas principalmente de óxido de cromo.

O objetivo do presente estudo foi comparar a resistência de união metal-porcelana entre duas ligas de cobalto-cromo (New Ceram® e Wirobond C®) e uma liga de níquel-cromo sem berílio (Verabond II®) associadas a duas porcelanas, Omega 900® (Vita) e Noritake EX-3® (Noritake).

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

As ligas metálicas e os sistemas cerâmicos utilizados foram:

Ligas

- Verabond II® (Aalba Dent Inc. – EUA)
- New Ceram® (CNG Soluções Protéticas - Brasil)
- Wirobond-C® (Bego, Bremem - Alemanha)

Sistemas cerâmicos

- NORITAKE® (Noritake Co. Limited – Made in Japan)
- Porcelana opaca e de corpo (Super Porcelain EX-3®)
- Líquido para opaco e para modelar (Super Porcelain EX-3®)
- VITA® (Zahnfabrick – Bad Säckingen – Made in Germany)
- Porcelana opaca e de corpo (Omega 900®)
- Líquido para opaco e para modelar (Omega 900®)
- Porcelana opaca e de corpo (Omega 900®)

Método

Corpo-de-Prova

Os corpos-de-prova para aplicação da porcelana e teste de resistência ao cisalhamento foram obtidos utilizando uma matriz

* Strietzel h. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por (strietzel@bego.com.br). Em 08 março 2006

de aço inoxidável constituída de duas partes: uma base inferior com uma perfuração cilíndrica vertical medindo 15mm de altura e 6mm de diâmetro e uma parte superior removível e forma semi-circunferencial com uma perfuração central de 3mm de altura e 8,4mm de diâmetro que se encaixam (Figura 1).

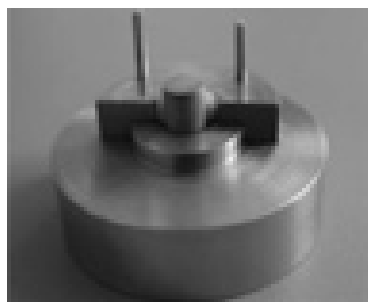


Figura 1. Matriz para obtenção dos corpos-de-prova.

Confecção dos corpos-de-prova, inclusão e fundição

Para confecção da parte metálica dos corpos-de-prova, foi utilizada cera verde em barras (Max Master®). Cinco padrões em cera foram obtidos, e após inspeção visual, um foi selecionado e incluído em revestimento de alta temperatura Talladium Micro fine 1700® (Talladium Inc., USA) usando a proporção líquido-pó de 16 ml do líquido + 6 ml de água para 90 gramas de pó, conforme especificação do fabricante. Decorridos 15 minutos da inclusão em anel de silicone, foi levado ao forno a uma temperatura de 750°C e, após 20 minutos, atingindo a temperatura de 940°C foi feita a fundição utilizando maçarico de oxigênio/gás butano, com múltiplos orifícios (Art. 207 Swiss®). Após a fundição, deixou-se que o anel resfriasse até a temperatura ambiente. Para remoção dos resíduos de revestimento foram utilizados jatos abrasivos contendo microesferas de vidro e óxido de alumínio em um aparelho tri-jato (Renfert® – Alemanha). Após remoção do revestimento, esta fundição foi levada a um torno mecânico (MITO®), a fim de que fossem obtidas 10 réplicas (Figura 2). Em seguida, essas réplicas foram duplicadas com silicone (ORMA DUPLOR®) conforme Figura 3, que serviram de matriz para obtenção dos 90 padrões de cera (Figura 4), que fundidos deram origem à parte metálica dos corpos-de-prova, sendo 15 para cada combinação metal-porcelana, e seguindo os mesmos critérios utilizados para obtenção da parte metálica do primeiro corpo-de-prova.



Figura 2. Réplicas dos corpos - de - prova.

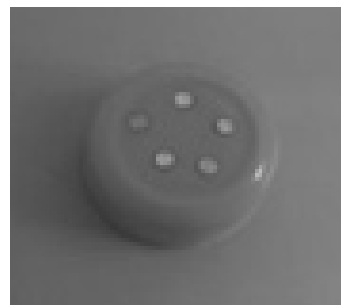


Figura 3. Silicone para duplicação das réplicas.

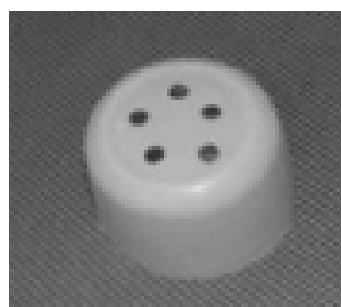


Figura 4. Silicone para obtenção dos corpos - de - prova.

Após concluída a aplicação das porcelanas, obtivemos 6 grupos de 15 corpos-de-prova distribuídos conforme Quadro 1.

Quadro 1. Combinações metal-porcelana.

	VELURON® II ¹	WIDURON® C ²	NEW CERAM ³
NORITAKE EX3 ¹	Y-1	W-1	NC-1
VITA-OMEGA 900 ²	Y-2	W-2	NC-2

Preparo da parte metálica dos corpos-de-prova

Depois de limpos, os corpos-de-prova foram submetidos a tratamento da superfície com pedras de óxido de alumínio e jatos de óxidos de alumínio, numa pressão de 60 libras, e submersos em álcool isopropílico por cinco minutos, submetidos ao vapor (Vapor Jet-EDG®) sob pressão, levados a um aparelho de ultra-som (Vitasonic II® – VITA), e pré-oxidados por cinco minutos a 1.050 °C.

Aplicação da porcelana

Para a aplicação da porcelana, os corpos-de-prova foram posicionados na metade inferior da matriz ficando com aproximadamente a metade de sua altura acima da mesma. Como a parte superior da matriz é em forma de semi-circunferência, apresenta um orifício com diâmetro de 8,4mm e altura de 3mm, proporcionando uma camada de porcelana com dimensões semelhantes em todos os corpos-de-prova (Figura 5). Para a porcelana NORITAKE EX3®, as duas camadas de opaco, pó e líquido, foram aplicadas a uma temperatura de 980°C, e para a porcelana OMEGA 900® as duas queimas do opaco, pó e líquido, foram a uma temperatura de 930°C.

A temperatura das duas queimas da porcelana de corpo foram NORITAKE EX3® a 930°C e OMEGA 900® a 900°C, sempre sob vácuo de 27 lb/pol².



Figura 5. Detalhe do corpo-de-prova.

Após a aplicação das porcelanas, e com um paquímetro (DIGIMESS®) de 0,05mm de precisão, foram feitas medidas nos corpos-de-prova tais como: D = diâmetro da porção metálica do corpo-de-prova; M = diâmetro do corpo-de-prova incluindo a porcelana; H = altura da camada de porcelana; E = espessura da camada de porcelana, para que com o auxílio da planilha de cálculo Excel, pudéssemos calcular a área de contato da porcelana com o metal.

Teste de resistência ao cisalhamento

Os corpos-de-prova devidamente confeccionados foram então submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento¹², em uma máquina universal de tração e compressão EMIC® (Emic Equipamentos e Sistema de Ensaio Ltda., modelo DL 2000 – Programa Tesc versão 1.10), utilizando-se uma célula de carga de 200 Kgf e com velocidade de 0,5mm/min.

Metodologia estatística

Os valores médios relativos às ligas metálicas, sistemas cerâmicos e interações metal-porcelana foram submetidos a Testes de Hipóteses de igualdade de médias Kruskal-Wallis, ANOVA, Tukey, ao nível de significância 5%.

RESULTADOS

Os resultados obtidos com os testes de cisalhamento¹² foram submetidos a testes de hipóteses de igualdade de médias Kruskal-Wallis, ANOVA e Tukey, com o nível de significância adotado de 5%. As estatísticas dos grupos estão tabeladas a seguir:

Tabela 1. Estatísticas em ordem crescente das médias.

Liga	Médias	DP	CV
V N	12,21	4,46	36%
V V	13,73	3,73	42%
W N	15,27	4,82	48%
NC-N	19,19	10,09	53%
W V	20,77	7,51	36%
NC-V	21,15	8,89	42%

As médias dos grupos podem ser agrupadas da seguinte forma: V N, V V e NC-N, W V, NC-V, doravante chamados de

conjunto A e conjunto B, respectivamente, conforme Figura 6.

Foi realizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar a hipótese de igualdade das médias. Este teste revelou que existe diferença significativa entre as médias dos grupos. Assim, os grupos tomados em conjunto são estatisticamente diferentes entre si. Verificou-se a normalidade dos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov. A partir deste resultado realizou-se a ANOVA One-way, quando a hipótese de igualdade entre médias foi novamente rejeitada. Em seguida foi aplicado o teste de Tukey, que identificou dois conjuntos: conjunto A, composto pelos grupos V N, V V, W N e conjunto B, formado pelos grupos NC-N, W V, NC-V. Cada conjunto possui médias estatisticamente iguais entre si, porém o conjunto B é estatisticamente superior ao conjunto A (Figura 6).

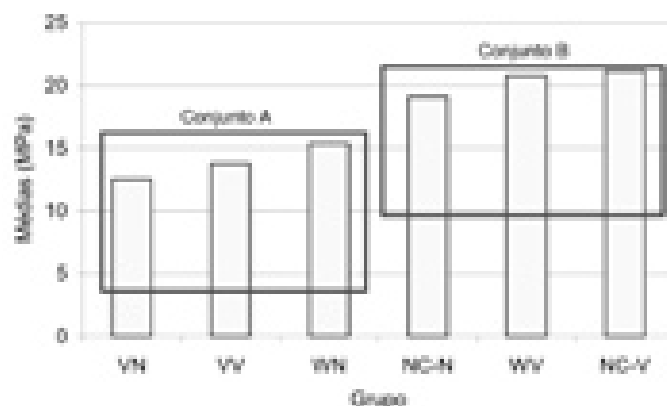


Figura 6. Média final dos grupos.

DISCUSSÃO

As ligas à base de níquel-cromo são as mais utilizadas atualmente. Uma alternativa são as ligas de cobalto-cromo, uma vez que não sacrifica as propriedades físicas dos sistemas metalocerâmicos⁸.

Embora utilizada para testes de resistência ao cisalhamento, a metodologia empregada neste estudo nos leva a fazer algumas considerações. Primeiro uma metodologia que facilitasse a obtenção de corpos-de-prova com dimensões estatisticamente semelhantes na sua porção metálica. Segundo que a área de contato interno da porcelana com a parte metálica do corpo-de-prova, além de ser uniforme fosse calculada e com isso pudesse ser comprovada a padronização desses espécimes. Neste trabalho a parte metálica dos corpos-de-prova foi obtida a partir de um único padrão de cera, e a área interna de contato da porcelana com esta parte metálica foi medida e calculada antes dos testes de resistência ao cisalhamento, para que pudéssemos comprovar a uniformidade desses espécimes. Essa uniformidade e homogeneidade foram atestadas pelos baixos Coeficientes de Variação, em torno de 0,8%, para suas dimensões básicas, ou seja, diâmetro da parte metálica sem a porcelana (D) e diâmetro do corpo-de-prova com a porcelana (M), bem como os valores das áreas de contato interno da porcelana com o metal (A).

Os resultados demonstraram que dos seis grupos pesquisados, as menores médias foram do grupo Verabond II® x Noritake, seguidos dos grupos Verabond II® x Vita, Wirobond-C x Noritake, New-Ceram® x Noritake, Wirobond-C x Vita e New-Ceram® x Vita, cujas médias indicam um melhor desempenho das ligas à base de cobalto-cromo. Esta superioridade das ligas de cobalto-cromo não foi confirmada nos testes de cisalhamento¹³, embora diferentes metodologias tenham sido utilizadas, onde a liga de níquel-cromo (Wironia®) apresentou resultados superiores aos das ligas à base de cobalto-cromo (Wirobond C® e New Ceram®), mas não estatisticamente significantes, quando se utilizou a porcelana Omega 900®.

Os resultados encontrados para as ligas Wirobond-C® e New Ceram® associadas à porcelana OMEGA 900® foram estatisticamente semelhantes, o que pôde ser comprovado também em nosso trabalho⁹.

Baseado nas evidências dos testes realizados nos parece lícito afirmar que as ligas de cobalto-cromo, utilizadas em nosso trabalho mostraram valores superiores à de níquel-cromo no quesito adesão metal-porcelana, e estatisticamente significativa, embora esse desempenho não possa ser confirmado por estudos realizados^{9,13}, pois nestes estudos foram utilizadas formulações diferentes tanto de níquel-cromo quanto de cobalto-cromo bem como metodologias distintas e pequenas modificações químicas⁶ tanto das ligas quanto das porcelanas são capazes de produzir variações significantes na resistência de união.

Os valores encontrados¹⁰ para a liga de cobalto-cromo IPS d. SIGN 20® (Ivoclar) foram superiores aos obtidos com as ligas de níquel-cromo WIRON 99® e 4ALL®, esta superioridade, embora não significativa, também foi encontrada em nosso experimento, porém com diferença estatística.

No caso de ligas de níquel-cromo e cobalto-cromo a principal união entre o metal e a cerâmica de recobrimento ocorre nas camadas passivas constituídas principalmente por óxidos de cromo. Por este aspecto poderíamos justificar o melhor comportamento das ligas Wirobond C® e New Ceram® em relação a Verabond II®, uma vez que aquelas apresentam percentuais de cromo superiores a esta. Além disso, entre as ligas de cobalto-cromo a de maior percentagem de cromo em sua formulação apresentou resistência de união metal-porcelana superior, onde a presença de óxido de cromo na superfície da liga³ contribuiria para o aumento das forças de união. Além disso, para se conseguir uma resistência elevada em relação à corrosão e a união metal-porcelana⁷ é necessário uma taxa de cromo de pelo menos 20% na composição da liga, requisito este preenchido pelas ligas de cobalto-cromo utilizadas em nosso experimento, ao passo que ligas de níquel-cromo são constituídas de uma taxa de cromo bem inferior a esta.

Devido à escassez de trabalhos envolvendo ligas de cobalto-cromo para próteses metalocerâmicas o desenvolvimento de novas pesquisas nesta área é de grande importância, uma vez que sua introdução clínica, é inevitável⁸.

Embora apresente vantagens como biocompatibilida-

de, em relação às ligas de níquel-cromo, as ligas a base de cobalto-cromo ainda são pouco utilizadas, o que segundo nosso entendimento se dá pelo fato do desconhecimento e da pequena divulgação entre os dentistas e técnicos de laboratórios, principalmente. Além disso, a dificuldade em mudar hábitos e aceitar novas técnicas e novos materiais, por parte desses profissionais, também contribui para justificar a pouca utilização de ligas de cobalto-cromo para trabalhos metalocerâmicos.

Existe uma tendência natural de que as ligas de níquel-cromo, comumente utilizadas em associações às cerâmicas, sejam substituídas pelas de cobalto-cromo, as quais parecem mostrar melhor biocompatibilidade¹³.

CONCLUSÃO

De acordo com a pesquisa realizada e a metodologia utilizada parece-nos lícito concluir que:

1. As ligas de cobalto-cromo tiveram comportamento superior à liga de níquel-cromo sem berílio;
2. Essas ligas comprovaram suas indicações para trabalhos metalocerâmicos, em relação à adesão metal-porcelana, embora mais testes devam ser realizados.

REFERÊNCIAS

1. Brecker SC. Porcelain baked to gold: a new medium in prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1956; 6(6): 801-10.
2. Silver M, Klein G, Howard MC. Platinum-porcelain restorations. *J Prosthet Dent.* 1956; 6(5): 695-705.
3. Moffa JP, Lugassy AA, Guckes AD, Gettleman L. An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I. Physical properties. *J Prosthet Dent.* 1973; 30(4):424-31.
4. Simonpaoli Y. Le point de vue de clinician. Les céramo-nickels. Rugosité de surface des infrastructures métalliques ou mini-épaulements. *Actual Odontostomatol.* 1975; 109: 27-35.
5. Mclean JW. The metal-ceramic restoration. *Dent Clin North Am.* 1983; 27(4): 747-61.
6. Kelly JR, Rose TC. Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics: a literature review. *J Prosthet Dent.* 1983; 49(3): 363-70.
7. Strietzel R. Aufbrennfähige cobalt-chrom-legierungen. *Dent Labor.* 2001; 49: 1-6.
8. Pretti N, Hilgert E, Bottino MA. Evaluation of the shear bond strength of the union between two CoCr alloys and a Dental Ceramic. *J Appl Oral Sci.* 2004; 12(4): 2800-04.
9. Jóias RM. Shear bond strength among three metal alloys

- and ceramic material. *J Dent Res.* 2004; 83: 315.
10. Mello RM. Shear bond strength of a ceramic system to alternative metal alloys. *J Prosthet Dent.* 2005; 93(1): 64- 9.
 11. Hilgert E. Avaliação da união de ligas metálicas à cerâmica por meio de ensaio de cisalhamento, e análise pela microscopia eletrônica de varredura e EDS [tese]. São José dos Campos: Universidade Estadual Paulista; 2005.
 12. Chiodi Netto J. Avaliação da resistência de união da porcelana aplicada sobre liga de Ni-Cr e sobre solda [tese]. Bauru: Universidade de São Paulo; 1981.
 13. Jóias RM. Shear bond strength among four metal alloys and ceramic. *J Dent Res.* 2005; Abstract 0491.