



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO

**COMPARAÇÃO DA UNIÃO DA CERÂMICA EM LIGAS DE COCR E
NICR SOLDADAS A TIG E BRASAGEM**

CRISTIANE DE CASTRO CÉSAR CASTELO BRANCO

BELÉM-PA

2013



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO

**COMPARAÇÃO DA UNIÃO DA CERÂMICA EM LIGAS DE COCR E
NICR SOLDADAS A TIG E BRASAGEM**

MESTRANDA: CRISTIANE DE CASTRO CÉSAR CASTELO BRANCO
ORIENTADOR: Prof.Dr. BRUNO PEREIRA ALVES

BELÉM-PA
2013



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO

**COMPARAÇÃO DA UNIÃO DA CERÂMICA EM LIGAS DE COCR E
NICR SOLDADAS A TIG E BRASAGEM**

Data de Defesa: 31 / 07 / 2013

BANCA DE JULGAMENTO DE DISSERTAÇÃO

Prof Dr, João Evandro Da Silva Miranda

Conceito: _____

Prof Dr. Elisa Bulamarqui Klatau

Conceito: _____

Prof Dr. Max Pintoda Costa Rocha

Conceito: _____

BELÉM-PA

2013

SUMÁRIO

1. RESUMO	03
2. ABSTRACT	04
3. ARTIGO ENVIADO NA ÍNTEGRA	05
4. METODOLOGIA DETALHADA DO ARTIGO	16
5. BIBLIOGRAFIA SUPORTE	22
6. APENDICES	24
NORMA REVISTA TRABALHO ENVIADO	24

COMPARAÇÃO DA UNIÃO DA CERÂMICA EM LIGAS DE COCR E NICR SOLDADAS A TIG E BRASAGEM

RESUMO

A proposta deste trabalho foi testar a resistência de união entre a cerâmica e ligas metálicas de Ni-Cr e Co-Cr, soldadas com TIG (Tungsten Inert Gas) ou Brasagem. Foram fabricadas 80 tiras de 25X3X1mm (ISO 9693), Ni-Cr (n=40) e Co-Cr (n=40). Os grupos controles foram 20 tiras de 50X3X1mm, dos mesmos metais, divididas igualmente e sem passar pelo processo de soldagem. Os grupos foram divididos em: G1(controle) tiras de Co-Cr sem solda, G2 (controle) tiras de Ni-Cr sem solda, G3 Tiras de Co-Cr com solda TIG, G4 tiras de Co-Cr com solda brasagem, G5 tiras de Ni-Cr com solda TIG, G6 tiras de Ni-Cr com brasagem, todos os grupos com 10 amostras cada. Foi então aplicada cerâmica na parte central de todas as tiras metálicas, nas dimensões de 8x3x1mm. Todas as amostras sofreram ensaio de flexão de três pontos, utilizando uma máquina de ensaio mecânico (KRATOS), com uma velocidade de 0,5mm/m, até o ponto da primeira falha união da cerâmica, medindo-se a força de fratura máxima e resistência à flexão. Usou-se o teste de Análise de Variância ANOVA de um critério, Teste Kruskal Wallis e Tukey. Não foi encontrada diferença estatisticamente entre os grupos, com exceção dos grupos G2 e G5, na qual o G5, mostrou valores superiores ($p < 0,05$) ao G2. Concluiu-se que tanto as ligas Ni-Cr quanto as ligas de Co-Cr soldadas à TIG ou brasagem possuem semelhanças na resistência de união à cerâmica.

Unitermos: Cerâmica. Soldagem. Liga

INTRODUÇÃO

As ligas de ouro vêm sendo substituídas por ligas alternativas nos trabalhos protéticos e restauradores. Além de possuírem custos mais baixos em relação à liga de ouro, as ligas alternativas têm propriedades mais vantajosas, como a alta resistência à fratura, o alto módulo de elasticidade, rigidez e resistência a deformação permanente.^{1,2} Outra vantagem é a resistência à deformação plástica da estrutura metálica de uma prótese fixa, no processo de sinterização da cerâmica.³

Além das propriedades mecânicas, os metais devem ser biocompatíveis, possuir resistência à corrosão e facilidade de confecção das próteses. Dentre esses materiais estão as ligas em níquel-cromo, cobalto-cromo, prata-paládio, prata-paládio-ouro, ouro-paládio e o titânio.^{1,2}

As ligas de Ni-Cr e Co-Cr são largamente usadas quanto ao custo mais baixo e maior rigidez são considerados.² As desvantagens destas ligas incluem dificuldade na manipulação e controle da formação da camada de óxido. Algumas ligas podem

possuir berílio e outras substâncias em sua composição que são prejudiciais à saúde.^{4,5}

O efeito alérgico do Ni e o potencial tóxico do Ni e Be ainda causam divergências entre profissionais da área. A estabilidade do Ni-Cr é mais baixa em soluções ácidas ou na presença placa com ph ácido, que podem promover a liberação de Ni.⁴ Uma opção em relação a liga de Ni-Cr é a liga de Co-Cr, como alternativa, apesar de serem pouco utilizadas em relação às de Ni-Cr em próteses fixas.^{4,5,11}

O sistema metalocerâmico pretende produzir uma restauração em que as propriedades físicas da porcelana e metal sejam utilizadas para reforço mútuo, porém se a porcelana se desprender, o resultado inevitável é a exposição do metal e assim perde-se o requisito estético. O mecanismo de união entre o metal e a cerâmica é essencial para o sucesso que envolve a longevidade deste tipo de trabalho.⁶

A soldagem em odontologia é um procedimento que visa melhorar à adaptação da prótese aos dentes pilares ou implantes do paciente.⁷ O processo de união de metais de estruturas protéticas podem ser feito através da técnica de brasagem, laser ou TIG, entre outras.^{1, 6, 8, 9}

No processo de brasagem, a união entre os metais é produzida através do aquecimento a uma temperatura adequada e um metal de adição que possui ponto de fusão abaixo da temperatura do ponto de fusão do metal base. A ligação entre metal base e o metal de adição se dá por difusão.^{2, 8,9,10}

O processo de soldagem TIG consiste na união das estruturas metálicas pelo aquecimento e fusão destas através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio e as peças a fundir. A proteção do processo de fusão contra a contaminação da atmosfera é feita através de gás inerte ou uma mistura de gases. Os gases mais utilizados no processo de soldagem à TIG são o hélio e o argônio.^{2,3,8, 9}

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência de união da cerâmica em ligas de Co-Cr e Ni-Cr em áreas soldadas com TIG ou brasagem, ou sem soldagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Os corpos de prova foram tiras metálicas de ligas em Co-Cr e Ni-Cr, soldadas com TIG ou brasagem e com aplicações em cerâmica no centro das tiras, conforme tabela 1.

Confecção das tiras metálicas em Co-Cr e Ni-Cr

Obtenção dos padrões para fundição.(9693-1:2012)

Foram confeccionados 80 padrões iniciais em resina através de placas de acrílico, com dimensões de 25mm de comprimento, 3mm de largura e 1mm de

espessura e 20 tiras em acrílico com dimensões 50x3x1mm, cortadas com estilete e medidas com paquímetro.

Disposição dos padrões para inclusão

A inclusão foi realizada dispondo padrões de resina, orientados paralelamente uns aos outros, unidos através de cera (Kota- Indústria e comércio- São Paulo- SP- Brasil), sendo o conjunto montado num anel de silicone para inclusão, pulverizado com líquido antibollhas (Surfacer- Polidental-Cotia-SP-Brasil), antes do revestimento.

Eliminação do acrílico

O anel de silicone N^o5 foi preenchido com revestimento (Microfine1700- Talladium-Curitiba-Pr-Brasil), na proporção do fabricante, pó/líquido de 90g de pó para 23ml de líquido, sendo a solução líquida de 18ml de líquido e 5 ml de água destilada. Misturados por 10 segundos, em seguida, espatulados a vácuo (VRC- VRC Equipamentos- Guarulhos-SP-Brasil) por 30 segundos. Após 20 minutos de presa no anel, o revestimento, ainda quente, colocou-se no forno elétrico (EDGCON 5P. Equipamentos e Controles LTDA. São Carlos-SP) a uma temperatura inicial de 400°C, o qual permaneceu por 30 minutos. A temperatura foi elevada para 950°C, e permanecendo 20 minutos nesta temperatura. Após o ciclo de aquecimento, foi abaixado a temperatura e retirado o anel em 850° C, para as ligas de Ni-Cr. Para as ligas de Co-Cr, foi abaixado a temperatura e retirado o anel em 900° C.

Fundição por indução das ligas Co-Cr e Ni-Cr

Foram usados 40 padrões para fundição em liga Co-Cr de 25mm e 10 padrões de 50mm. O mesmo ocorreu para a liga de Ni-Cr. Foi utilizado para a fundição liga de Co-Cr (Fit Cast Cobalto- Talladium do Brasil) e de Ni-Cr (Fit Cast SB Plus- Talladium do Brasil), devidamente pesadas em balança (V.H Equipamentos- Araraquara-SP- Brasil). Foi distribuída a liga dentro do cadinho cerâmico e depois foi acionado o sistema de centrifugação por indução (Power Cast Red- EDG-São Carlos-SP-Brasil). Após a centrifugação, foi aguardado o esfriamento do metal, jateando com óxido de alumínio (120 micras - pressão 60 lbs) e brocas fresas de tungstênio, para acabamento das tiras.

Processo de Brasagem

Os grupos 4 e 6 sofreram o processo de brasagem. Um dispositivo em acrílico foi confeccionado para posicionar as tiras metálicas, sem espaçamento entre elas. As tiras foram unidas com resina ativada quimicamente (Duralay-Reliance Dental Company-USA), pelo orifício do dispositivo. A área envolta da resina foi recoberta com cera utilidade (Wilson- Polidental Indústria- Cotia-SP-Brasil).

O revestimento para altas temperaturas (Easy-Stack.Talladium) foi proporcionado de acordo com as instruções do fabricante e espatulado com água. Depois manipulado manualmente, por 40 segundos. Esperou-se a reação de endurecimento do revestimento, em 20 minutos.

Em seguida foi colocado o bloco de revestimento com as tiras no forno (EDG equipamentos) a uma temperatura de 540°C por 20 minutos. Após o aquecimento, o bloco foi removido do forno e resfriado lentamente até a temperatura ambiente.

Com o maçarico (EDG-equipamentos) á gás(G.L.P- gás liquefeito de petróleo) e oxigênio com bico de furo único, foi regulado a chama até o obter um cone azul de 15mm de comprimento.

As partes centrais das tiras foram aquecidas até a obtenção de um vermelho brilhante. Obtendo esta coloração foi encostado a vareta da solda (Tilite-Talladium) pelo lado oposto do maçarico e depois passou-se a chama rapidamente em toda região da solda.

Soldagem a TIG

A soldagem a TIG foi realizada nos grupos 3 e 5. As tiras foram colocadas num dispositivo em acrílico, na qual possuía uma canaleta para acomodação das tiras, sem espaçamento entre elas. Foi utilizado o equipamento de soldagem TIG NTY 60C(kernit Indústria Mecatrônica Ltda, Indaiatuba-SP). Quando acionado o sistema, foi liberado o fluxo de argônio, formando uma região livre de oxigênio, acionando a corrente elétrica. Foi usado material de adição (Fit Flex-Talmax). Após a soldagem, as tiras sofreram acabamento com brocas, depois foram retificadas na politriz (Arotec-Cotia-SP-Brasil) e jateadas com óxido de alumínio com tamanho da partícula 110µm compressão de 5,1kgf/cm e colocadas no vibrador com álcool isopropílico para remoção de resíduos.

Aplicação da cerâmica (9693-1:2012)

Para este fim foi confeccionada uma matriz em acrílico para delimitar a área da cerâmica a ser aplicada, composta de uma janela 8x3x1mm. Foi realizada a aplicação da cerâmica (Vita VM13-Germany) em cima da soldagem, sobre uma das faces das tiras metálicas.

Primeiramente, as tiras sofreram uma pré-oxidação, no forno (Ceramsinter-EDG). Foi aplicada uma camada de opaco e submetida ao ciclo de queima de acordo com especificado na tabela 2. Foi aplicada depois uma 2ª camada de opaco, sofrendo a queima posteriormente. As demais camadas foram aplicadas, sempre utilizando a matriz delimitadora, de forma que ao final do glazeamento, a cerâmica aplicada com dimensões de 8x3x1mm.

Ensaio de flexão

Todas as amostras para a avaliação da resistência de união cerâmica/ substrato metálico foram submetidas ao ensaio de flexão de 3 pontos em uma máquina de ensaio (Kratos Equipamentos-São Paulo-SP), equipada com carga de 50N e uma velocidade de 0,5mm/min com a face com cerâmica revestida posicionada para baixo, até a ruptura entre a cerâmica e o substrato metálico. Foram anotadas a força máxima(N) até a primeira falha, para cada corpo de prova.

A resistência de flexão foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\Sigma = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Onde P é a força máxima (N), l a distância entre os apoios (mm), b a largura da amostra (mm), d a espessura da amostra (mm) e Σ a resistência à flexão (MPa).

RESULTADOS

Foi encontrado normalidade em todos os grupos através do teste de D'Agostino.

Após a verificação da normalidade dos grupos, foram realizadas as comparações entre os tipos de ligas, e tipos de solda através de Análise de Variância ANOVA de um critério. O teste de Tukey foi aplicado para comparar as diferenças.

O teste de ANOVA de um critério identificou variâncias desiguais entre grupos realizados com a liga de Co-Cr, por isso foi realizado um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar este metal nas variáveis pesquisadas. Realizou-se todas as comparações com nível de significância adotado de 5%.

Nos testes aplicados não houve diferença estatística significativa, tanto na força máxima aplicada como em resistência à flexão. Exceto entre os grupos Ni-Cr brasagem e Co-Cr Brasagem ($p < 0,05$). Sendo que o grupo 5 (Co-Cr Brasagem) apresentou melhores resultados em relação ao grupo2 (Ni-Cr Brasagem), conforme a tabela 3 e 4.

DISCUSSÃO

O processo de soldagem é largamente utilizado durante a fabricação de próteses fixas odontológicas. Várias técnicas são atualmente utilizadas e cada uma delas tem suas vantagens e desvantagens. A escolha de um método de soldagem e domínio da técnica é importante para o sucesso das próteses fixas.^{7,9}

A soldagem a TIG tem como vantagens em relação a técnica de soldagem convencional, a realização da solda no próprio modelo de trabalho, diminuindo o

tempo de trabalho e falhas inerentes do processo de soldagem, além de produzir menos calor e permitir soldagem após aplicação de cerâmica.⁹

Um fator importante para o sucesso da soldagem a brasagem é a perícia do operador. A técnica convencional envolve várias etapas críticas como o controle da temperatura apropriada e tempo da exposição do metal à chama para o escoamento adequado da solda.¹⁶

A prática do operador na soldagem a maçarico interfere no resultado da soldagem. O problema é mais intenso quando ligas de Ni-Cr ou Co-Cr estão envolvidas devido à dificuldade de remoção dos óxidos.¹⁶

Os resultados encontrados mostraram melhor desempenho do grupo com liga de Co-Cr com brasagem e relação ao grupo Ni-Cr com brasagem, com diferença estatisticamente significativa. A temperatura e o controle da chama do maçarico podem ter influenciado no processo de soldagem à brasagem, já que altera a camada de óxido destas ligas. A camada de óxido formada na superfície da liga, pode contribuir ou prejudicar à união da cerâmica ao metal.⁷

No caso de ligas de Ni-Cr e Co-Cr a principal união entre o metal e a cerâmica de recobrimento ocorre nas camadas passivas constituídas principalmente por óxidos de cromo. Para se conseguir uma resistência elevada em relação à corrosão e a união metal-cerâmica é necessário uma taxa de cromo de pelo menos 20% na composição da liga.¹¹ A liga de Co-Cr usada possui maior percentagem de cromo em sua formulação, 30% de Cr, em relação a de NiCr, 20% de Cr.

No processo de soldagem a TIG não ocorreram diferenças entre os tipos de ligas. Isto pode ser explicado, pois este processo tem como uma das vantagens oferecer o mínimo de calor, reduzindo a zona afetada pelo calor e livre de oxigênio na região da solda, minimizando os resíduos de óxidos formados na soldagem.⁹

Em um estudo feito por Sipahi e Ozcan⁴ (2012) compararam a resistência da ligação entre as ligas metálicas e cinco sistemas cerâmicos. A liga de Ni-Cr apresentou o maior valor médio de resistência de união, entre 15,4 - 25,3 MPa, em relação a liga de Co-Cr, entre 13 e 19 MPa. Não observou neste estudo diferença entre as ligas de Ni-Cr com média de 34,05 e Co-Cr, com média de 32,9 na resistência à flexão.

Costa e Bottino⁷ (2008), avaliaram o efeito da soldagem laser, brasagem e a termociclagem, na união do metal de Ni-Cr e a cerâmica. Não encontraram diferença estatística entre os grupos brasagem e laser, apenas com o grupo controle que apresentou força máxima mais alta até a falha de média de 14,5N. Encontrou-se

neste estudo média de força máxima do grupo de Ni-Cr controle de 16,9N, do grupo Ni-Cr brasagem de 14N, e do grupo de de Ni-Cr TIG de 16,34N, não havendo diferença estatisticamente entre eles.

Tanto as ligas de Ni-Cr quanto de Co-Cr são satisfatórias para o uso clínico. As ligas de Co-Cr são uma opção para substituição das ligas de Ni-Cr, por serem mais biocompatíveis.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que a resistência de união da cerâmica com o metal, tanto em processos de soldagem a TIG quanto em brasagem tiveram comportamentos semelhantes.

As ligas de Co-Cr no processo de brasagem foram superiores às ligas de Ni-Cr com brasagem. Entretanto as ligas Co-Cr com soldagem TIG e Ni-Cr com soldagem TIG, não apresentaram diferenças entre si, na resistência de união da cerâmica.

REFERÊNCIAS

1. Vasquez V, Ozcan M, Nishioka R, Souza R, Mesquita A, Pavanelli C. Mechanical and thermal cycling effects on the flexural strength of glass ceramics fused to titanium. *Dental materials Journal*. 2008; 27: 7-15.
2. Galo R, Ribeiro RF, Rodrigues RCS, Mattos MGC, Pagnano VO. Effect of laser welding on the titanium ceramic tensile bond strength. *J Appl Oral Sci* . 2010; 301 -5.
3. Saito H, Hisanaga N, Okada Y, Hirai S, Arito H. Thorium-232 Exposure during Tungsten Inert Gas Arc Welding and Electrode Sharpening. *Industrial Health*. 2003;41: 273-8.
4. Sipahi C, Ozcan M. Interfacial shear bond strenght between different base metal alloys and five low fusing feldspathic ceramic systems. *Dental materials journal*. 2012;31:333-37.
5. Pretti M, Hilgert E, Bottino MA, Avelar RP. Evaluation of shear bond strenght on the union between two Co-Cr. Alloys and a Dental ceramic. *J Appl Oral Sci*. 2004; 12: 280-4.
6. Scolaro JM, Pereira JR, Valle AL, Bonfante G, Pegoraro LF. Comparative Study of Ceramic-to-Metal Bonding. *Braz Dent J* .2007; 18: 240-3.
7. Costa EMV, Neisser MP, Marco Antônio Bottino, MA. Multiple-unit implant frames: one-piece casting vs. laser welding and brazing. *J Appl Oral Sci* 2004; 12: 227-31.
8. Fernandes AJ, Panzeri H, Neves FD, Prado RA, Mendonça G. Bond strenght of three dental porcelains to Ni-Cr and Co-Cr-Ti alloys. *Braz Dent J*. 2006; 17: 24-8.

9. Rocha R, Pinheiro ALB, Villa Verde AB. Flexural strenght of pure Ti, Ni-Cr and Co-Cr alloys submitted to Nd: yag laser or Tig welding. Braz Dent J. 2006; 17: 20-3.
10. Costa EM, Bottino MA. Influência da ciclagem térmica e diferentes tipos de solda na resistência da interface metalocerâmica. Revista Odonto. 2008; 16: 39-46.
11. Fernandes JA. Avaliação da resistência às forças de cisalhamento de porcelanas aplicadas sobre liga de Ni-Cr e Co-Cr. RGO. 2006; 54: 345-50.
12. Bock JJ, Bailly J, Gernhardt CR, Fuhrmann RAW. Fracture strength of different soldered and welded orthodontic joining configurations with and without filling material. J Appl Oral Sci. 2008;16: 328-35.
13. Wu SV, et al. Surface characterization and bond strengths between Ti-20Cr-1X alloys and low-fusing porcelain. Dental Materials Journal. 2011; 30: 368–73.
14. Lopes SC, Pagnano VO, Rollo JMD, Leal MB, Bezzon OL. Correlation between metal-ceramic bond strength and coefficient of linear thermal expansion difference. J Appl Oral Sci. 2009;17: 122-8.
15. Bauer JR, et al. Does the casting mode influence microstructure, fracture and properties of different metal ceramic alloys?. Braz Oral Res. 2012; 26: 190-6.
16. Anusavice KJ. Materiais Dentários. Rio de Janeiro: Guanabara;2005.
17. Troia MJ, Henriques JEP, Mesquita MF, Fragoso WS. The effect of surface modifications on titanium to enable titanium–porcelain bonding. Dental Materials Journal. 2008;24:28-33.
18. Talmax. Ligas Metálicas[on line]. Disponível na World Wide Web: <<http://www.talmax.com.br/produtos>> Acesso em: 16 de maio de 2012.

Tabela 1- Divisão dos grupos para teste.

Grupos	Liga	Soldagem
G1	Co-Cr	Sem soldagem (controle)
G2	Ni-Cr	Sem soldagem(controle)
G3	Co-Cr	TIG
G4	Co-Cr	Brasagem
G5	Ni-Cr	TIG
G6	Ni-Cr	Brasagem

Cada grupo(n=10)

Tabela 2- Ciclos de queima da porcelana VM13

	Pré oxidação	wash(pasta)	Opaco	Dentina	Glaze
Temperatura inicial^oc	550	500	500	500	500
Temperatura final^oc	970	960	950	930	920
Aumento da temperatura^oc(°C/min)	55	80	80	55	80
Tempo de cocção(min)	12	12	12	14	10
Vácuo(bar)	—	5.38	5.38	7.49	4

Tabela 3- Média e desvio padrão dos grupos testados a resistência à flexão (n=10) e comparação entre grupos

Grupos	média	desvio padrão	comparação de grupos	p
G1	32.9	14	G1, G2	0.8
G2	34	9	G2, G5, G6	0.18
G3	30,3	6.2	G1, G3, G4	0.19
G4	36.3	7.1	G4, G6	<0.05
G5	33.3	5.5	G3, G5	0.26
G6	28.5	6		

Tabela 4- Estatística da força máxima (N) aplicada em cada grupo (n=10) e a comparação entre grupos

Grupos	média	Desvio Padrão	Comparação de grupos	p
G1	16,86	4,37	G1, G2	0.14
G2	14,07	3,02	G2, G5, G6	0.18
G3	16,31	2,68	G1, G3, G4	0.12
G4	16,18	6,85	G4, G6	<0.05
G5	17,80	3,49	G3, G5	0.14
G6	14,41	2,69		