

Estudo comparativo da resistência à tração de soldas de prata e super micro ponto, utilizadas em ortodontia

Tensile bond strength of silver solder and super micro point used for orthodontic appliances

Lourenço Correr Sobrinho¹, Darcy Flávio Nouer², Marcos Rogério de Mendonça³, Rafael Leonardo Xediek Consani⁴, Mario Alexandre Coelho Sinhoreti¹

¹Professor da área de Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia de Piracicaba/Unicamp. ²Professor da área de Ortodontia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba/ Unicamp. ³Professor da área de Ortodontia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba/ Unesp. ⁴Aluno de graduação da Faculdade de Odontologia de Bragança Paulista - USF

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência à tração de fios de aço inoxidável unidos com soldas de prata e super micro ponto. Foram realizadas seis soldagens para cada uma das soldas estudadas, com cada tipo de fio de aço inoxidável, de 0,017", 0,018", 0,020" e 0,021" X 0,025", totalizando 48 amostras. A soldagem com prata foi efetuada com maçarico gás-ar Miniflam, utilizando fundente Rock Mountain, 41. A soldagem com super micro ponto foi efetuada com o aparelho Kernit-2700. As amostras foram submetidas ao ensaio de tração numa máquina Otto Wolpert-Werke, com velocidade de 6 mm/segundo até a ruptura da soldagem. A soldagem com prata apresentou valores de resistência à tração superiores aos da soldagem com super micro ponto, com resultados estatisticamente significantes ao nível de 5%. Entretanto, para ambos os tipos de soldas, a resistência à tração não apresentou diferença estatisticamente significante, quando foi considerado o fator espessura dos fios, com exceção do fio 0,021".

Palavras-chave: fio ortodôntico, solda, resistência à tração.

Recebido em 8/4/97. Aceito em 5/6/97

Introdução

A soldagem é conhecida como o processo pelo qual duas peças metálicas podem ser unidas intimamente, com utilização ou não de uma liga de solda.

Inicialmente, os dispositivos ortodônticos eram construídos em ouro ou prata (Bradel, 1934). Em 1900, surgiram as ligas complexas à base de ouro, platina, prata e cobre, de elevada resistência mecânica, como uma nova alternativa para a ortodontia. Com o passar dos anos, a ciência ortodôntica começou a exigir a confecção de aparelhos menores, mais delicados e leves, à base de ligas com maior resistência mecânica e melhor elasticidade.

A partir de 1929, os atuais fios de aço inoxidável começaram a ser produzidos na Alemanha (Cutler, 1923). Por causa do menor preço e, principalmente, considerando as suas satisfatórias propriedades mecânicas, como durabilidade, dureza e resistência à corrosão, o fio inoxidável tornou-se um substituto dos materiais nobres (Mogler e Holestine, 1935). Além disso, devido aos valores de maior resistência e elasticidade, os fios inoxidáveis puderam ser utilizados com diâmetros menores daqueles dos metais nobres, sendo utilizadas ligas de prata como solda (Green, 1945).

Apesar, no entanto, de esse metal apresentar algumas vantagens em relação às ligas nobres, sua aceitação tornou-se difícil em função das dificuldades no momento da soldagem. As soldas de alta fusão provocavam recristalização do fio soldado, resultando em fraturas na junção soldada (Parker, 1960). Esse fato exigia o uso de soldas de baixa fusão, com intervalos pequenos entre as temperaturas de *solidus-liquidus*, características importantes na soldagem à mão livre, embora provasse dificuldades técnicas no ato da soldagem.

A união entre fios de aço inoxidável e solda de prata é procedimento amplamente utilizado na ortodontia. Os ortodontistas utilizam-se da soldagem com fontes de chama gás-ar para a confecção de ganchos soldados destinados à fixação de elásticos intra e intermaxilares nas várias fases do tratamento, amarração distal para a ativação de arcos de retração e suporte de ganchos "J", para forças do tipo extrabucal.

Recentemente, os ortodontistas começaram a utilizar soldas super micro ponto para a fixação de ganchos nos arcos, em substituição às soldas de prata. A utilização desse tipo de solda apresenta algumas vantagens em relação às soldas de prata, como menor tempo de confecção, facilidade de trabalho, custo inferior, higiene e estética favorável. Dentre as observações feitas, ficam ressaltadas a importância do processo de soldagem e a necessidade de praticá-lo criteriosa e cientificamente. Com base nisso, desenvolveu-se um trabalho no qual se comparou a resistência à tração de fios de aço inoxidável unidos com solda de prata e super micro ponto.

Materiais e método

Os corpos-de-prova foram confeccionados com fios de aço inoxidável, de secção retangular, tipos 0,017", 0,018", 0,020" e 0,021" X 0,025" (Dental Morelli, Sorocaba, SP), cortados em secções de 5 e 10 centímetros de comprimento. As extremidades dos fios com 5 cm de comprimento foram desgastadas com pedras de carboneto de silício em motor de baixa rotação, com a finalidade de regularizar as extremidades. Já os fios com 10 cm de comprimento foram dobrados em forma de "U" na tentativa de simular o que ocorre clinicamente com os dispositivos soldados no aparelho.

Inicialmente, foi realizada a soldagem dos fios com solda de prata (Morelli). A fim de evitar que o fio de aço inoxidável fosse submetido a um aquecimento excessivo durante a soldagem, o que poderia alterar as suas propriedades mecânicas, foi utilizado um dispositivo desenvolvido por Pieruccini (1991), que imobiliza as extremidades dos fios a serem soldados. O dispositivo consiste em uma base retangular de madeira, com uma pinça também de madeira fixada na extremidade maior da base, destinada a prender o portasonda, usado como suporte do segmento de fio de 5 cm de comprimento; na extremidade menor da base, outro prendedor fixa as extremidades do fio em forma de "U".

Essa prévia imobilização dos fios também possibilitou a padronização da distância entre eles, conferida com uma lâmina de aço inoxidável de 0,3 mm de espessura. A soldagem foi realizada com auxílio do maçarico de gás-ar (Miniflam), cuja chama foi regulada de maneira a formar um cone de, aproximadamente, 1 cm de comprimento. A soldagem do fio foi realizada utilizando-se o ápice do cone redutor da chama, conforme recomendação de Moyers, em 1987. Após aplicação do fundente (Rock Mountain, fórmula 41), a solda de prata (Morelli) foi aquecida pelo método indireto. Assim que o fundente se escoou, a solda pré-aquecida foi adicionada sobre as junções, continuando o aquecimento até que ela escoasse ao redor dos fios. Após o escoamento da solda, o conjunto soldado era imediatamente resfriado em água à temperatura ambiente para que diminuisse a fragilidade da solda, conforme recomendação de Phillips (1993) e Rasmussen (1980).

Posteriormente, a soldagem dos fios com a solda super micro ponto foi efetuada utilizando-se o aparelho Kernit 2700 (Valinhos,

SP), regulado para carga de 60% de sua capacidade, com corrente alternada de 2000 A, por 0,001 segundos. O posicionamento do fio e do segmento em forma de "U" na máquina de soldagem foi manual e somente um ponto de solda foi realizado na união dos fios.

Após a soldagem, os corpos-de-prova foram embutidos em cilindros de PVC, com 15 mm de diâmetro por 20 cm de comprimento, com resina acrílica ativada quimicamente (Figura 1). Antes de as amostras serem

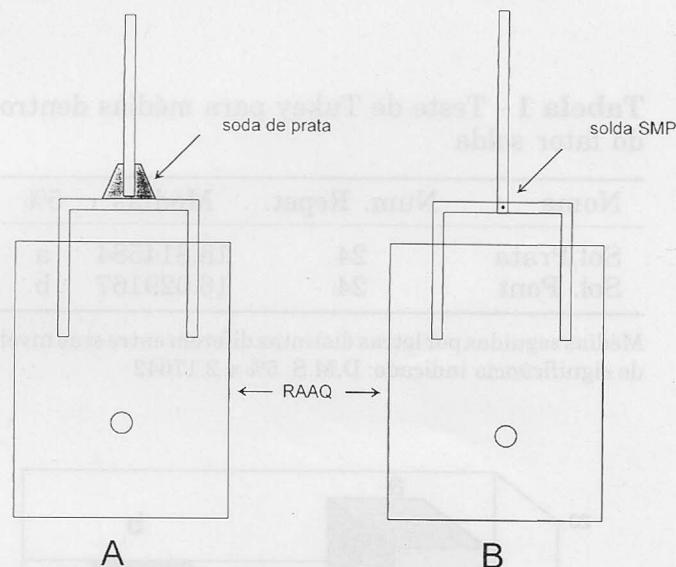


Figura 1 - Corpos-de-prova utilizados nos ensaios de resistência à tração: A - solda de prata; B - solda super micro ponto.

submetidas ao ensaio de tração, os cilindros de embutimento contendo os corpos de prova foram perfurados com uma broca de aço inoxidável, com 7 mm de diâmetro, para que pudessem ser adaptados ao dispositivo que os fixava ao mordente inferior da máquina de ensaio de tração (Otto Wolpert-Werke, Alemanha), regulada para uma velocidade de tração de 6 mm/segundo até a ruptura da união soldada. O mordente superior prendia a extremidade do fio soldado ao segmento em forma de "U". Foram realizadas seis soldagens com cada

uma das soldas e para cada tipo de fio, totalizando 48 corpos-de-prova, sempre pelo mesmo operador. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística.

Resultados

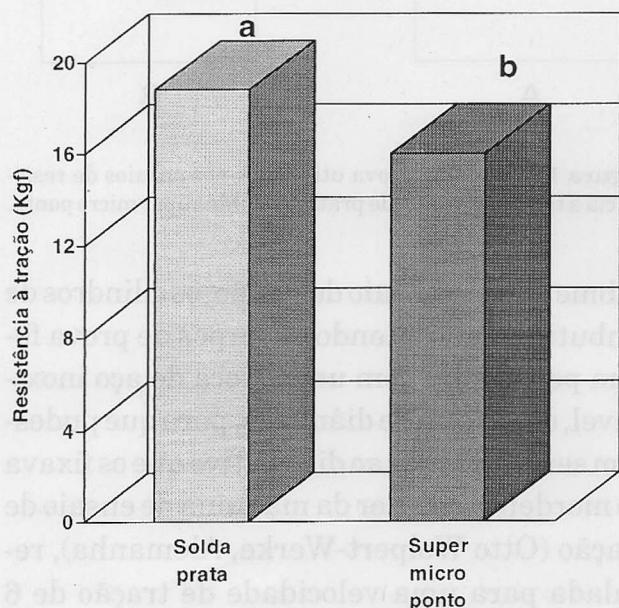
Na Tabela 1 e Figura 2, observa-se que existe diferença estatística significativa ao nível de 5%, quando foi considerado apenas o fator solda.

A Tabela 2 e a Figura 3 apresentam a média dos resultados individuais da resis-

Tabela 1 - Teste de Tukey para médias dentro do fator solda

Nome	Num. Repet.	Médias	5%
Sol. Prata	24	18.814584	a
Sol. Pont	24	16.029167	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado: D.M.S. 5% = 2.17642



Barras seguidas por letras distintas diferem estatisticamente ao Teste de Tukey ($p>0.05$)

Figura 2 - Gráfico representativo das médias da resistência à tração para as soldas de prata e super micro ponto.

tência à tração dos seis corpos-de-prova para cada um dos fios estudados para ambas as soldas. Para a solda com liga de prata, o maior valor de resistência média à tração foi obtido com o fio de espessura 0,021" X 0,025" (21,77 Kgf); enquanto que o menor valor foi obtido com o fio de 0,017" X 0,025" (16,67 Kgf). Na solda super micro ponto, o maior valor médio de resistência à tração também foi obtido com o fio 0,021" X 0,025" (17,35 Kgf); enquanto o menor valor foi obtido com o fio 0,017" X 0,25" (14,70 Kgf). Não houve diferença estatística dentro do fator soldas quando se considerou o fator espessura dos fios, com exceção do fio 0,021".

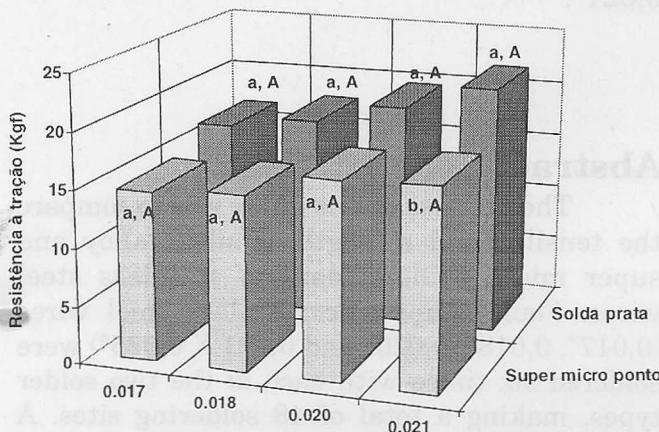
Discussão

Analizando a Tabela 1 e a Figura 2, pode-se verificar a superioridade estatística dos resultados apresentados pela solda de prata em relação à super micro ponto, em nível de 5%. Entretanto, a Tabela 2 e a Figura 3 também mostram que a espessura dos fios dentro da interação tipos de solda não apresentou diferença estatisticamente significativa, com exceção daquele com espessura 0,021". Os limites dos valores médios de resistência à tração da união soldada para os dois tipos de soldas variaram de 14,70 a 21,77 Kgf. Embora as rupturas das partes soldadas sejam freqüentes em função das falhas produzidas durante o processo de soldagem, principalmente durante o uso da força extrabucal, as forças requeridas nesses ganchos soldados diretamente ao arco não são de grande magnitude. Em função disso, a nosso ver, qualquer uma das soldas apresentaria resistência à tração suficiente para ser empregada clinicamente, desde que a soldagem fosse realizada por um profissional treinado, obedecendo atentamente às recomendações dos fabricantes.

Tabela 2 - Resultados médios da resistência à tração das uniões com soldas de prata e super micro ponto, em Kgf

Espessura do fio	Solda de prata	Super micro ponto
0,017" X 0,025"	16,67 a, A	14,70 a, A
0,018" X 0,025"	17,75 a, A	15,08 a, A
0,020" X 0,025"	19,60 a, A	17,05 a, A
0,021" X 0,025"	21,77 a, A	17,35 b, A

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si (5%).



Barras seguidas por letras distintas diferem estatisticamente ao Teste de Tukey.

Figura 3 - Gráfico das medidas de resistência à tração para os quatro tipos de fios.

Por outro lado, neste trabalho, apesar de todas as soldagens terem sido realizadas pelo mesmo operador e nas mesmas condições técnicas, os valores numéricos médios obtidos em ambos os tipos de soldagens não foram tão uniformes quanto se desejava. Assim, os resultados obtidos com a solda de prata atualizam os dados apresentados anteriormente por Wilkinson (1960), em cujo trabalho as soldagens executadas por três ortodontistas experimentados apresentaram grande variação de valores de resistência à tração, condição atribuída à dificuldade individual de controle do calor de fusão da solda, e resultados ainda mais variados quando obtidos pelo mesmo

operador. Este fato pode ser relativamente menos crítico com a solda super micro ponto, que não permite grandes variações individuais devido à calibragem da temperatura para a operação do aparelho. De acordo com Peyton (1971), apesar da variação de resultados que possam ocorrer pela impossibilidade da padronização individual, a habilidade do operador ainda desempenha importante papel em qualquer tipo de soldagem. Por outro lado, essas variações também são causadas pela natureza da estrutura soldada.

Assim, as regiões que foram submetidas à soldagem com prata podem apresentar zonas de corrosão em função da ação galvânica entre metal e solda, além de mudanças na microestrutura devido ao aquecimento da peça (Adanson, 1937; Gjerdet e Berge, 1980; Mueller, 1981; Berge *et al.*, 1982). Porém, para a solda super micro ponto, este fato é estimado em razão do tempo de soldagem ser muito rápido, isto é, 0,001 segundo. Este tempo é insuficiente para que ocorra uma reação química formadora de óxidos e, consequentemente, a resistência à corrosão na região soldada é mantida. Alguns pesquisadores demonstraram que o fio de aço inoxidável ortodôntico perde sua resistência à corrosão quando aquecido a altas temperaturas (Mogler e Holestine, 1935; Adanson, 1937; Richmann, 1956). Em virtude disso, o aquecimento excessivo

durante a soldagem, aliado à corrosão ocasionada pela exposição aos fluidos e soluções utilizadas para bochechos orais, pode levar à ruptura da região soldada durante o uso clínico (Reisbick, 1980). Além disso, o aquecimento excessivo no ato de soldagem pode provocar a perda da têmpera do fio, causando diminuição da flexibilidade e do desempenho quando em função.

Outros fatores a serem considerados para a soldagem com prata é a utilização do fundente e a distância entre as partes a serem soldadas. Se o fundente for utilizado além do necessário, o excesso poderá ficar incluído na junção, causando falhas que diminuem a resistência da união soldada. A superfície do metal a ser soldado deve estar livre de óxidos e impurezas para permitir que a solda se escoe (Rasmussen, 1980). A formação de óxidos durante a soldagem promoverá uma junção porosa, diminuindo consideravelmente a resistência da união (Laurenschlager *et al.*, 1974; Janus e Moon, 1985; Kaylakie e Brukl, 1985; Gomes *et al.*, 1987). Além disso, a distância entre as partes a serem soldadas pode interferir negativamente no processo de soldagem. Por outro lado, embora seja um fator importante, o trabalho não avaliou a influência da distância, que foi mantida em 0,3 mm para a solda de prata, tendo em vista o entendimento de que um espaço maior entre as partes poderia aumentar a porosidade e produzir uniões mais fracas (Ryge, 1958; Laurenschlager *et al.*, 1974).

Conclusão

1 - A solda de prata apresentou valores de resistência à tração superiores aos da solda super micro ponto, com resultados estatisticamente significantes, em nível de 5%.

2 - Quando considerada a espessura dos fios para ambos os tipos de soldas, a resistência à tração não apresentou diferença estatisticamente significante, com exceção do fio 0,021".

Abstract

The purpose of this study was to compare the tensile bond strength of silver alloy and super micro point solders to stainless steel wires. Four orthodontic stainless steel wires (0,017", 0,018", 0,020" and 0,021 X 0,025") were soldered six times with each of the two solder types, making a total of 48 soldering sites. A torch gas-air soldering (Miniflan) and a flux Rock Mountain 41 were used for the silver solder. The super micro point solder was done using a Kernit-2700 unit. After soldered, the specimens were submitted to tensile bond strength testing using a universal testing machine (Otto Wolpert - Werke) with a crosshead speed of 6 mm/s. The silver solder showed higher tensile bond strengths than the super micro point solder ($p>0.05$). Both types of solder showed no statistical differences with wires of same thickness, except for the 0,021" wire.

Key words: orthodontic wire, solder, tensile bond strength.

Referências bibliográficas

- ADANSON, J. Stainless steel and its application to dentistry. *Aust. Dent. J.*, v.41, p.337-340, 1937. Apud WILKINSON, J.V. op cit. ref. 20.
- BERGE, M.M., GJERDET, N.R., ERICHSEN, E.S. Corrosion of silver soldered orthodontic. *Acta Odont. Scand.*, v.40, n.2, p.75-79, 1982.
- BRADEL, S.F. One hundred years of development in metalfurgoy and its relation to orthodontic. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.21, n.6, p.1018-1022, 1934.
- CUTLER, R. A new preparation of British stainless. *Trans. Br. Soc. Study Orthod.*, London, p.10-15, 1923.
- GJERDET, N.R., BERGE, M. Corrosion of silver soldered orthodontic archwires. *J. Dent. Res.*, v.59, p.1901, 1980.
- GREEN, J.H. Stainless steel in orthodontics. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.32, n.14, p.986-990, 1945.
- GOMES, A.A. *et al.* Análise comparativa de algumas propriedades mecânicas de uniões soldadas em uma liga de cobre-alumínio, utilizando dois tipos de solda de baixa fusão. *Rev. Odont. Univ. S. Paulo*, v.1, n.3, p.3-9, 1987.
- JANUS, C.E., MOON, P.C. Quantitative study of soldered connector tensile strength using low gold content alloys. *J. Prosth. Dent.*, v.54, n.4, p.517-521, 1985.
- KAYLAKIE, W.G., BRUKL, C.E. Comparative tensile strengths of non noble dental alloy solders. *J. Prosth. Dent.*, v.53, n.4, p.455-462, 1985.
- LAURENSCHLAGER, E.P. *et al.* Strength mechanism of dental solder joints. *J. Dent. Res.*, v.53, n.6, p.1361-1367, 1974.
- MOGLER, A.C., HOLESTINE, E.V. Soldering of chrome for orthodontic use. A practical procedure. *Int. J. Orth. Dent. Child.*, v.21, p.955-956, 1935.
- MOYERS, R. *Ortodontia*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. Cap.17, p.546-551.
- MUELLER, H.J. Silver and gold solders. Analyses due to corrosion. *Quintessence Int.*, v.2, n.3, p.327-337, 1981.
- PARKER, J.H. Improved soldering technic. *Angle Orthod.*, v.30, n.2, p.95-98, 1960.
- PEYTON, F.A. *Restorative dental materials*. 4 ed. Mosby, p.314-339, 1971.
- PHILLIPS, R.W. *Materiais Dentários de Skinner*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogam, 1993. p.305-318.
- PIERUCCINI, F.M. *Contribuição ao estudo da soldagem em ortodontia*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas, 1991.
- RASMUSSEN, S.T. Soldaduras. Apud O'BRIEN, W.J., RYCE, J. *Materiais dentales y su selección*. Panamericana, 1980, p.240-248.
- REISBICK, M.H. Alambres para ortodontia. Apud: O'BRIEN, W.J.; RYCE, J. *Materiais dentales e su selección*. Panamericana, 1980, p.231-239.
- RICHMANN, G. Practical metallurgy for the orthodontist. *Am. J. Orthod.*, v.42, n.8, p.573-587, 1956.
- RYGE, G. Dental soldering procedures. *Dent. Clin. North Am.*, v.29, n.3, p.747-757, 1958.
- WILKINSON, J.V. The effect of high temperatures on stainless steel orthodontic arch wire. *Austr. Dent. J.*, v.5, n.5, p.264-268, 1960.

Endereço para correspondência

Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho
Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp
Av. Limeira, 901 - C.P. 52
CEP 13414-900 - Piracicaba - SP