Análise comparativa da alteração dimensional entre dois métodos de soldagem: arco elétrico com proteção de argônio (TIG) e maçarico, para uma liga para prótese metalocerâmica à base de Ni-Cr.

Adilson *Hideki* Ueno

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na área de Reabilitação Oral.

**Bauru
2000**

Análise comparativa da alteração dimensional entre dois métodos de soldagem: arco elétrico com proteção de argônio (TIG) e maçarico, para uma liga para prótese metalocerâmica à base de Ni-Cr.

Adilson *Hideki* Ueno

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na área de Reabilitação Oral.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Martins Ferreira

**Bauru
2000**

- Ue5a Ueno, Adilson Hideki
Análise comparativa da alteração dimensional entre
Dois métodos de soldagem: arco elétrico com proteção
de argônio (TIG) e maçarico, para uma liga para prótese
metalocerâmica à base de Ni-Cr./ Adilson Hideki Ueno.
- Bauru, 2000.
66p: il. 30cm.
Tese. (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de
Bauru/USP
Orientador: Prof. Dr. Paulo Martins Ferreira

ADILSON HIDEKI UENO

2 de maio de 1964	Nascimento Marília, SP
1983 -1987	Curso de Graduação em Odontologia – Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo.
1989 -1991	Curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral – Prótese, a nível de mestrado, na Faculdade de Odontologia de Bauru, USP.
1997 –2000	Curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral – Prótese, a nível de Doutorado, na Faculdade de Odontologia de Bauru, USP.
1993 - 2000	Professor da Faculdade de Odontologia de Marília, da Universidade de Marília, SP.

A **Deus**, razão da minha existência e do meu viver,

A **Luciana**, minha esposa amada que com seu apoio e compreensão,
estive ao meu lado durante todo o curso, me ajudando nos momentos
mais difíceis,

Aos meus pais, **Akira** e **Kiyoka**, pela abnegação, honestidade e
humildade com que me educaram,

Ao Sr. **Masayuki** e D. **Tamie**, pelo apoio e incentivo constantes
durante todos esses anos,

A **Lara** minha filha, presente de Deus,

Dedico este trabalho

As minhas irmãs **Akemi** e **Érica**, pelos estímulos dados à minha
formação humana e profissional,

Ao meu amigo, que é mais chegado que um irmão
Paulo Roberto Goldoni,

Ao meu amigo **Marcelo Giatti**, pelo companheirismo e pela
ajuda nas etapas laboratoriais desse trabalho,

Ao meu amigo **Sergio Henrique Cerqueira**, pelas idéias
e sugestões, sem as quais seria impossível concluir esse trabalho,

Aos colegas de turma: **Henrique, Luciano, Sergio, Luis,**
Materson, João e Daniel,

Aos **colegas do mestrado**

Meu eterno agradecimento.

Ao Professor Doutor **Paulo Martins Ferreira**, pela dedicada atenção na orientação deste trabalho, pelas experiências transmitidas, pela confiança e pela amizade,

O meu muito obrigado.

Meus sinceros agradecimentos

A todos os **Professores do Departamento de Prótese** da Faculdade de Odontologia de Bauru,

Ao Professor Dr. **José Roberto Pereira Lauris**, pela maneira cordial e eficiente com que executou as análises estatísticas desta pesquisa.

Aos funcionários do Departamento: **Ângela, Geraldo, Reivanildo,**

Marcelo, Didi, Luzia, Débora, Liliam e Edna

A **Cleusa** e **Ana** da clínica de Pós-graduação

Aos pacientes.

Meu reconhecimento

*A Universidade de São Paulo, na pessoa do DD Reitor Prof. Dr. **Jacques***

Marcovitch

*A Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo,
na pessoa do seu Diretor, Prof. Dr. **Aymar Pavarini**.*

*A comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru
da Universidade de São Paulo, na pessoa do seu Presidente, Prof. Dr.*

Luiz Fernando Pegoraro

A Coordenadoria de Assistência ao Pessoal Docente CAPES;

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMO.....	xii
1- INTRODUÇÃO.....	02
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3- PROPOSIÇÃO.....	25
4- MATERIAL e MÉTODOS.....	27
4.1. Materiais utilizados no trabalho.....	27
4.1.1. Revestimento para fundição.....	27
4.1.2. Revestimento para soldagem.....	27
4.1.3. Liga metálica.....	28
4.1.4. Liga de solda.....	28
4.1.5. Fluxo para solda.....	29
4.2. Construção do dispositivo de ensaios.....	30
4.3. Confecção dos corpos de prova.....	31
4.3.1. Confecção dos padrões de resina acrílica.....	31
4.3.2. Inclusão dos padrões para fundição.....	33
4.3.3. Fundição.....	33
4.3.4. Adaptação das estruturas metálicas aos pilares.....	34
4.4. Medida do assentamento dos casquetes metálicos.....	35
4.5. Remoção para a soldagem.....	38
4.6. Inclusão para soldagem.....	39
4.6.1. Inclusão – Grupo I – soldagem a maçarico.....	40
4.6.2. Inclusão – Grupo II – soldagem com processo TIG.....	42
4.7. Soldagem.....	43
4.7.1. Soldagem a maçarico.....	43
4.7.2. Soldagem com processo TIG.....	44
5- RESULTADOS.....	48
6- DISCUSSÃO.....	53
7- CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ABSTRACT.....	65

Lista de Figuras

Figura 1	Dispositivo de ensaios	30
Figura 2	Padrão em resina acrílica do corpo de prova	32
Figura 3a	Dispositivo de corte	32
Figura 3b	Corte do padrão de resina acrílica	33
Figura 4	Corpo de prova adaptado ao dispositivo de ensaios	35
Figura 5	Numerações das faces visualizadas durante as leitura de desajuste cervical	36
Figura 6	Marcações circulares feitas nos casquetes e nos munhões protéticos	36
Figura 7	Medida da distância entre as bordas das marcações	37
Figura 8	Posicionamento do dispositivo de ensaios para as mensurações no microscópio comparador	37
Figura 9	Fixação para remoção do corpo de prova em posição para soldagem	38
Figura 10a	Fôrma de silicone para inclusão de soldagem	40
Figura 10b	Fôrma de silicone para inclusão de soldagem	41
Figura 11	Corpo de prova incluído em revestimento para soldagem	42
Figura 12	Máquina de solda TIG	44
Figura 13	Posicionamento do eletrodo de tungstênio para soldagem TIG	45
Figura 14	Corpo de prova soldado pelo processo TIG	46

Lista de Tabelas

Tabela 1	Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda Grupo solda a maçarico	48
Tabela 2	Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda – Grupo solda TIG	49
Tabela 3	Análise de variância para comparação entre os 6 locais mensurados no Grupo solda a maçarico	50
Tabela 4	Teste de Tukey para comparações múltiplas entre os 6 locais mensurados no grupo solda a maçarico.	50
Tabela 5	Análise de variância para comparação entre os 6 locais no grupo Solda TIG	50
Tabela 6	Teste “t” para comparação entre a solda a maçarico e a solda TIG nos 6 locais analisados	51

Lista de Gráficos

Gráfico 1	Comparação da desadaptação pós soldagem dos grupos solda a maçarico e solda TIG	51
------------------	---	----

RESUMO

RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar a alteração dimensional provocada pelo processo de soldagem a arco elétrico com proteção de argônio (TIG) e comparar os resultados com os obtidos a partir da técnica convencional a maçarico para uma liga à base de Ni-Cr, Verabond2.

Para isso, foi utilizado um dispositivo metálico que simulava uma condição clínica de dois elementos pilares de uma prótese fixa com um espaço protético. Sobre esse dispositivo foram confeccionados os corpos de provas, fundidos com a referida liga. Os corpos de provas consistiam de casquetes metálicos adaptados ao pilares do dispositivo, tendo sobre as suas faces oclusais as duas metades de uma barra cilíndrica de 4,0 mm de diâmetro.

Para que a comparação entre as duas técnicas fosse possível, foram idealizados dois grupos experimentais:

Grupo I: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem convencional a maçarico

Grupo II: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem a arco elétrico com proteção de argônio – processo TIG

Dez juntas foram soldadas de acordo com o método correspondente para cada processo e a mensuração das distorções causadas pelas duas técnicas de soldagem foi feita pela diferença entre o assentamento das peças antes e após a obtenção das juntas soldadas.

Observadas as medidas e calculadas as diferenças para os dois grupos, procedeu-se a análise estatística, o que permitiu concluir que:

1. Entre as duas técnicas de soldagem avaliadas, a solda TIG apresentou uma maior contração da junta e conseqüentemente uma maior alteração dimensional quando comparada ao método convencional a maçarico.

2. A solda TIG permite um melhor assentamento da peça soldada quando comparados os seus resultados com os da soldagem convencional a maçarico, desde que a quantidade de líquido especial utilizado na manipulação do revestimento para a soldagem seja de 100%.

3. A solda TIG, desde que utilizada da maneira descrita, pode produzir juntas soldadas com uma precisão satisfatória.

1- INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

As ligas metálicas vêm sendo utilizadas desde o início deste século nos trabalhos protéticos e restauradores em Odontologia. A partir da década de 70, com a elevação do preço do ouro e consequentemente das ligas que o continham, houve o surgimento das chamadas ligas alternativas. Muitos passaram a se dedicar ao estudo dessas ligas, principalmente porque do ponto de vista comercial surgia a possibilidade da diminuição dos custos de confecção dos trabalhos protéticos.

MOFFA et al.^{30 31}, em 1973, compararam as propriedades físicas de uma liga não nobre (Ni-Cr) com uma seminobre (Ni-Cr-Pd) e uma nobre (Au-Ag-Pt) usadas na confecção de estruturas de próteses metalocerâmicas. Os testes buscavam determinar as propriedades mecânicas como a resistência à tração, módulo de elasticidade, alongamento e dureza. Além das propriedades mecânicas, foi observado o efeito de uma ciclagem térmica correspondente a 4 queimas de porcelana na resistência dessas ligas a deformação. Outro ponto analisado foi a qualidade de união entre as três diferentes ligas à porcelana. Ao final do estudo, os autores constataram uma superioridade significativa da liga a base de Ni-Cr quando comparada às demais.

Com intuito de comprovar esses dados, muitos outros autores pesquisaram o uso, as qualidades e as limitações das ligas à base de Ni-Cr¹¹.

O crescimento do uso das ligas não nobres fez com que se buscasse um maior conhecimento dos fatores que geravam dificuldades no seu manuseio: menor peso específico¹¹, baixa condutibilidade térmica³⁹, compatibilidade com os revestimentos de fundição²², acabamento, polimento e soldagem¹¹ e compatibilidade com os diversos sistemas cerâmicos²⁹.

BAGLEY², em 1979, comentou que ainda haveria a necessidade de se desenvolver uma técnica de soldagem satisfatória para as ligas não nobres. Dentre os problemas associados à soldagem dessas ligas estão incluídos a oxidação das faces a serem unidas pela solda, a porosidade na junta e o superaquecimento da junta durante processo de soldagem, sendo este último causado pelas altas temperaturas a que são submetidas as juntas até que a solda flua e preencha todo espaço a ela destinado^{6,36}.

KRIEBEL et al.²⁰, em 1984, chamaram a atenção para o fato de que a temperatura de fusão da solda situa-se em uma faixa muito próxima da do metal, tornando o aquecimento do conjunto extremamente crítico.

TOWNSEND et al.³⁹, em 1983, afirmaram que mais de 1/3 das juntas soldadas, mesmo sob condições controladas de espaço para solda, inclusão do conjunto e soldagem propriamente dita, estão fadadas ao fracasso. Salientaram ainda a necessidade de se desenvolver novas técnicas e materiais com a finalidade de se aprimorar o procedimento.

HAWBOLT; MCENTEE¹⁶, em 1983, salientaram a importância das bolhas e porosidades para o início de uma fratura por fadiga do metal. KRIEBEL et al.²⁰ em 1984 encontraram áreas de alta concentração de porosidades sempre que a resistência das peças ao dobramento era menor.

O estudo e o desenvolvimento da obtenção de juntas soldadas em Odontologia vem se aprimorando com a incorporação de conhecimentos de outras áreas como a mecânica^{45,46}, a engenharia^{16,21,28} e a metalurgia^{4,10,43}. Esse intercâmbio tem possibilitado a incorporação de novas técnicas e equipamentos para a união de juntas soldadas, como uma alternativa à técnica convencional a maçarico.

Dentro desse rol de novas possibilidades destacam-se a solda a laser¹⁸, infravermelho⁹, solda elétrica⁴⁸ e a solda a arco elétrico em atmosfera

de gás inerte – TIG (Tungsten Inert Gas)⁴². Todos esses métodos apresentam vantagens em relação ao método convencional a maçarico no que diz respeito à resistência da junta soldada e vários estudos têm buscado quantificar as alterações dimensionais causadas por cada um desses métodos⁴².

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

Alteração Dimensional da Solda Convencional

Durante a confecção de uma prótese fixa, deve-se sempre considerar a necessidade do procedimento de soldagem como parte do processo. Essa necessidade é determinada por dois fatores: as coroas confeccionadas sobre os elementos pilares devem ser provadas separadamente, para se verificar a sua correta adaptação ao término cervical dos dentes preparados; outra razão está relacionada à natural contração de solidificação das ligas utilizadas na confecção da prótese, o que pode causar uma imperfeição na adaptação das coroas.

FUSAYAMA¹², em 1964, comparou a precisão de adaptação de próteses soldadas com diversos métodos de soldagem com a adaptação de peças fundidas em monobloco. Na pesquisa, utilizou um modelo mestre simulando um caso clínico para a confecção de uma prótese fixa de quatro elementos. A distância entre os dois pilares era de 20 mm. Esse modelo mestre era moldado com alginato e o molde vazado em gesso. Os padrões de cera tanto das coroas quanto dos pânticos eram produzidos com o auxílio de um sistema de fôrmas. Os pânticos apresentavam uma forma cilíndrica com 10 mm de diâmetro e 4,0 mm de altura. As peças fundidas em monobloco foram incluídas em anéis de aço contendo uma faixa de amianto de 2,4 mm nas suas paredes internas, o que segundo o autor, permitia uma maior expansão térmica do cilindro de revestimento. Essa expansão seria suficiente para compensar a contração de solidificação da liga utilizada, no caso, uma liga de cobre.

As peças a serem soldadas eram incluídas em um anel de aço com uma faixa de amianto de 1,6mm com a mesma finalidade alegada para o primeiro grupo. Para o grupo das peças fundidas em monobloco, era feita a leitura do desajuste marginal vertical das coroas. As peças que seriam

soldadas foram divididas em três grupos variando a ordem e local em que eram feitas as soldagens.

As peças soldadas eram então analisadas ao microscópio para a leitura do desajuste marginal e posterior comparação com os resultados obtidos nas peças fundidas em monobloco. Essa comparação mostrou que as peças fundidas em monobloco apresentavam uma melhor adaptação, enquanto que as peças soldadas apresentaram em média níveis de adaptação piores, qualquer que fosse a técnica. Verificou-se ainda que as peças fundidas em monobloco estavam na sua maioria ligeiramente aumentadas em relação ao modelo mestre e que as peças soldadas apresentavam-se diminuídas em relação ao padrão. Os melhores resultados obtidos nas peças fundidas em monobloco seriam fruto da técnica de fundição, em que a contração de solidificação da liga era compensada pela expansão térmica do revestimento.

Ainda em 1964, BRUCE⁷ comparou as alterações dimensionais que ocorreram entre próteses fixas de três elementos fundidas em monobloco, a partir de padrões confeccionados com dois materiais: a cera e a resina acrílica quimicamente ativada. A proposta do trabalho era de determinar qual desses dois materiais permitiria a obtenção de fundições mais precisas e bem acabadas.

O autor utilizou um modelo mestre metálico contendo dois pilares de prótese fixa com um espaço protético, onde eram confeccionados os padrões a serem fundidos, tanto os de cera quanto os de resina. Para a medida da alteração dimensional linear, foi criado um segundo modelo que apresentava dois pilares idênticos aos do modelo mestre, com a diferença que um dos pilares estava colocado sobre uma plataforma móvel que permitia uma movimentação no sentido méso-distal. Dessa maneira, o espaço entre os pilares poderia ser aumentado ou diminuído, sendo que havia uma graduação semelhante a de um paquímetro entre as partes móveis, o que tornava possível a medida da alteração no comprimento da prótese com uma precisão de 1/20 mm.

A alteração dimensional das peças após a fundição foi calculada pela diferença entre as medidas dos padrões de cera e de resina, com as respectivas peças já fundidas. Foi realizada ainda uma inspeção visual da qualidade da fundição. Através desse trabalho, o autor pôde concluir que os padrões confeccionados em resina acrílica produzem uma menor alteração dimensional final da fundição com uma contração de 0,36%, em relação aos confeccionados em cera que contraíram 0,56% e que, por outro lado, as fundições dos padrões de resina apresentam uma maior rugosidade de superfície.

STACKHOUSE³⁵, em 1967, se propôs a avaliar todas as etapas laboratoriais para a confecção de uma prótese fixa e medir a influência exercida por cada uma dessas etapas sobre a adaptação das coroas dos dentes pilares. Sobre um modelo mestre metálico contendo o correspondente a três pilares preparados e colocados lado a lado, foram produzidos os padrões de cera que eram fundidos com uma liga de ouro tipo III e posteriormente adaptados aos respectivos pilares. Previamente a soldagem, todas as coroas metálicas foram analisadas quanto a desadaptação inicial sobre os pilares. As coroas foram removidas em posição para soldagem e incluídas em um bloco de revestimento para a soldagem que após a presa final tinha as suas dimensões regularizadas até que atingissem 0,6 x 0,6 x 1,3 pol.

Durante a soldagem, as coroas e o bloco de revestimento foram aquecidos a partir da temperatura ambiente até que atingissem a temperatura de soldagem quando a solda, juntamente com o fluxo, foi adicionada e fundida completando a união das coroas. Após o resfriamento e os procedimentos de limpeza das peças soldadas, as mesmas foram posicionadas sobre o modelo mestre sob uma carga de 6,0 kg. Os resultados mostraram que a remoção para soldagem com gesso para registro teve pouca contribuição para a desadaptação das coroas soldadas.

Em relação ao revestimento usado no processo, os autores concluíram que a falta de um pré-aquecimento do bloco de revestimento

resultou em uma maior desadaptação das coroas, enquanto o contrário diminuía a desadaptação. Esse resultado se deveria a expansão térmica que o bloco de revestimento apresentava com o pré-aquecimento, compensando a contração da solda, sendo que na maioria dos corpos soldados houve um aumento no comprimento dos corpos após a soldagem. No que diz respeito à posição das coroas, as alterações no sentido axial, rotacional e linear que foram observadas também diminuía a precisão de adaptação.

As alterações dimensionais da solda também foram relacionadas ao espaço para a solda. Autores como YOUNG⁴⁷ em 1939 apud WILLIS e NICHOLLS⁴⁴(1980) e STEINMAN³⁷ em 1954, recomendavam que as faces a serem soldadas tivessem um íntimo contato antes e durante o processo de soldagem.

Entretanto, os estudos de outros autores demonstraram a inviabilidade desse conceito. RYGE³³, em 1958, verificou que um espaço para a solda inferior a 0,12 mm iria levar a produção de grande número de porosidades na junta, determinando assim a uma diminuição na resistência da peça soldada. Também esse autor demonstrou que podia se obter uma junta com menor quantidade de porosidades, se a área a ser soldada fosse aquecida até a temperatura de fusão da liga de solda antes que a mesma fosse aplicada. FUSAYAMA et al.¹², em 1964, alertavam da necessidade de um espaço entre as faces da junta com a finalidade de compensar a expansão térmica do metal, que segundo os autores, seria maior que a do revestimento utilizado na inclusão das peças.

Dessa forma, a recomendação da maioria dos trabalhos^{17,29,33} era que o espaço ideal para a soldagem estivesse entre 0,1 mm a 0.76 mm.

Com a finalidade de quantificar a distorção inerente à técnica de soldagem, WILLIS; NICHOLLS⁴⁴, em 1980, realizaram uma pesquisa em que coroas fundidas em ouro tipo III foram soldadas aos pares, com quatro medidas de espaço para a solda: sem espaço, 0,15mm, 0,30mm e 0,45mm. Utilizando-

se de um instrumento que permitia medir as alterações de posição das coroas de uma forma tridimensional, os autores concluíram que houve um aumento linear do espaço de solda durante a fase de inclusão para soldagem, fruto da expansão de presa do gesso utilizado na fixação das peças para remoção em posição de soldagem e do revestimento de solda. Durante a soldagem houve uma diminuição do espaço de solda, que ocorria por causa da contração de solidificação da liga de solda, portanto, um espaço mínimo para solda sem contato deveria ser usado no sentido de se minimizar os efeitos dessa contração.

Em 1992, SARFATI; HARTER³⁴, compararam a precisão de peças protéticas obtidas através da fundição em monobloco e da fundição em peças separadas, unidas pela soldagem convencional. Utilizando-se de um modelo mestre que simulava dois preparos totais, correspondendo a um 1º pré molar e um 2º molar, foram confeccionadas infra-estruturas para prótese parciais fixas de quatro elementos, fundidas em ouro cerâmico (Au=82%; Pt=7%; Pd=7%). As partes a serem soldadas eram colocadas em posição sobre o modelo mestre, uma porção de solda de ouro era colocada no espaço de solda de 0,35 mm e todo o conjunto era fixado com gesso de presa rápida.

Para a inclusão para a soldagem foi usado um revestimento para solda de alta fusão e um pré-aquecimento até 1040°C em um forno automático. Na soldagem foi usado um fluxo para solda próprio do metal e um maçarico a gás-oxigênio. Antes das medidas de desajuste, todas as peças foram posicionadas sobre o modelo mestre e receberam uma carga estática de 2,5 Kg. As medidas de desajuste cervical foram feitas em um microscópio eletrônico de varredura e os resultados mostraram que em geral as aberturas marginais eram maiores no grupo da solda, indicando que a soldagem poderia gerar maiores deformações que a fundição em monobloco.

Compatibilidade do Revestimento Usado na Soldagem

FUSAYAMA et al.¹², em 1964 já indicavam a possibilidade de se confeccionar com ligas nobres, próteses fixas de até três elementos, isto é, dois pilares e um pântico, sem a necessidade de soldagem. Isso era possível usando-se uma variação da técnica convencional de fundição, que consistia na colocação de uma faixa de amianto de 2,4 mm revestindo as paredes internas do anel de fundição, aumentando-se assim a possibilidade de expansão térmica do cilindro de revestimento.

Em 1974, MOFFA; JENKINS²⁵ já indicavam a possibilidade de utilização das ligas não nobres na confecção de próteses mais extensas, devido a sua alta resistência à deformação e ao seu módulo de elasticidade. Entretanto, em função de significantes diferenças na composição da liga, temperatura de fusão e contração de solidificação, recomendavam a realização de mais trabalhos que buscassem o desenvolvimento de novos revestimentos e técnicas de fundição.

LEWIS²², em 1977, comparando 3 tipos de revestimento: aglutinado por sílica, gesso e fosfato, verificou uma notória superioridade do último sobre os outros, principalmente quando se comparavam os percentuais de expansão térmica e a porosidade.

A contração de solidificação comprometia a adaptação de coroas unitárias aos preparos dentais, o que foi adequadamente solucionado pela adição controlada de um líquido especial à base de água e sílica coloidal com que o revestimento é manipulado e pelas técnicas de expansão livre e térmica do cilindro de fundição.

Na tentativa de obter uma precisão de adaptação em próteses fixas de quatro elementos, fundidas em monobloco com uma liga não nobre, GARLAPO et al.¹³ em 1983, avaliaram o efeito da alteração na concentração de líquido de expansão na manipulação do revestimento. Para uma mesma

relação pó/líquido (120g/19cc), foram avaliadas quatro proporções de líquido especial: 100%, 75%, 50% e 37,5%. As medidas feitas nas peças após a fundição revelaram ter havido, em média, um aumento em relação ao padrão de cera. Através dessa comparação, os autores constataram uma maior expansão das peças quando medidas entre as extremidades comparadas com a medida feita na área dos pânticos, ou seja, a medida interna entre os pilares. Puderam verificar ainda uma progressiva redução na quantidade de expansão das peças a medida que a concentração de líquido especial era reduzida de 100% para 37,5%. Entretanto, em função dos diferentes graus de expansão que ocorriam em cada parte das peças, nenhuma das peças pertencentes aos grupos de 100% e 75% de concentração de líquido especial possibilitaram uma desadaptação menor que 1,0 mm em relação à margem e apenas algumas das peças fundidas com 50% e 37,5% de líquido puderam ser completamente assentadas às custas de algum ajuste ou desgaste na superfície interna das coroas.

Reforçando a necessidade de haver uma compatibilidade do revestimento com a liga utilizada, BERTOLOTTI⁵, em 1984, chamou a atenção para a alta contração de solidificação que as ligas não nobres apresentavam, sendo de aproximadamente 2,3%, enquanto que nas ligas nobres esta contração não ultrapassava 1,4%.

Entretanto, outro problema que surge como consequência dessa contração nas próteses fixas é a contração volumétrica dos elementos suspensos ou pânticos. O maior volume de metal existente nessa parte da estrutura provoca uma também maior contração da peça, que por sua vez pode não ser suficientemente compensada pela expansão do revestimento de fundição. Essa contração causa uma diminuição no comprimento e uma consequente desadaptação da prótese. Esses dois problemas já eram sentidos com as ligas nobres, mas se tornaram mais críticos com as ligas não nobres.

ZOIDIS et al.⁴⁸, em 1996, avaliaram a alteração dimensional causada por três técnicas de soldagem: maçarico, solda elétrica e por junta

fundida. Para o trabalho, foi idealizado um modelo mestre contendo dois análogos de implante, sobre os quais eram posicionados cilindros de ouro parafusados, e estes por sua vez unidos por barras pré-fabricadas de resina. Trinta barras foram fundidas em uma liga de ouro tipo IV. Dez corpos de provas foram selecionados aleatoriamente para cada grupo e soldados de acordo com cada uma das técnicas avaliadas. Para os procedimentos de soldagem a maçarico e por solda elétrica foi utilizado um revestimento para soldagem que apresentava expansões de presa e térmica de 0,20% e 1,00% respectivamente, totalizando 1,20%. Essa expansão não era suficiente para compensar a contração de solidificação da solda o que, após a soldagem, causava uma desadaptação entre cilindros de ouro e os respectivos análogos de implante que variava de 86,5 μ m a 48 μ m para a soldagem a maçarico e de 240 μ m a 80,7 μ m para a solda elétrica. Por outro lado, para a soldagem por junta fundida, foi utilizado o mesmo revestimento de alta fusão empregado na fundição dos corpos de provas, de acordo com a técnica preconizada por THOUPOS et al.³⁸ em 1995. As expansões de presa e térmica do revestimento de fundição usado foram de 0,35% e 1,20% respectivamente, somando 1,55% no total. Os autores atribuíram a essa maior expansão final do revestimento de fundição os menores valores de desadaptação das peças unidas pela junta fundida.

Esses resultados permitiram aos autores concluir que as técnicas de soldagem elétrica e a maçarico não são apropriadas para a união de segmentos de barras sobre implantes e que a melhor alternativa quando a soldagem se fizesse necessária seria a união por junta fundida.

Em função disso, ZOIDIS et al.⁴⁹. em 1996, avaliaram influência do uso de dois tipos de revestimentos para fundição na precisão de adaptação de cilindros de ouro para implantes sobre os respectivos pilares, antes e após a soldagem. Foram escolhidos revestimentos aglutinados por gesso e por fosfato.

Os corpos de provas foram confeccionados sobre modelos contendo análogos de implantes com uma distância de 18 mm entre eles. Foram fundidas 18 barras que se assentavam sobre os análogos através de cilindros de ouro pré-fabricados. As barras fundidas com ouro tipo III foram seccionadas com um disco com 0,38mm de espessura. Antes da fixação para soldagem, foi feita a leitura inicial da desadaptação dos cilindros de ouro. As partes foram incluídas para a soldagem, sendo nove inclusões feitas com revestimento aglutinado por gesso e nove com revestimento aglutinado por fosfato. O processo foi feito com uma solda de ouro de baixa fusão, aquecida por um maçarico de oxi-hidrogênio.

Os resultados mostraram uma melhor adaptação das peças incluídas com o revestimento aglutinado por gesso (30,0 μ m) em comparação às incluídas no revestimento aglutinado por fosfato (58,3 μ m). Os autores atribuíram esse fato de a expansão do revestimento aglutinado por gesso (1,55%) compensar a contração da solda de ouro. O revestimento aglutinado por fosfato apresentou uma expansão maior (1,75%), o que resultou na maior desadaptação.

Alteração Dimensional da Solda a Laser

O processo de soldagem a laser passou a ser utilizado em odontologia para a confecção de próteses fixas no início da década de 70 com os trabalhos de GORDON; SMITH¹⁴. Os autores atribuíam à solda a laser a possibilidade de se executar o procedimento de soldagem de uma maneira mais rápida, econômica e precisa. Várias peças protéticas foram soldadas para se avaliar a aplicabilidade clínica dessa nova técnica. Reabilitações orais completas, próteses fixas de três elementos e uma prótese removível foram soldadas com sucesso e avaliadas em uso clínico pelos respectivos pacientes sem que houvesse falha.

O assentamento e a adaptação das próteses foi avaliado clinicamente. De maneira geral, todas as peças tiveram um assentamento adequado sob pressão digital, necessitando entretanto, do auxílio de um instrumento para a sua remoção por causa da retenção friccional que as mesmas apresentavam. Os autores puderam verificar que a alteração das peças soldadas a laser, apesar de ocorrer, era muito menor que a apresentada pela soldagem convencional. Os autores consideram essencial um íntimo contato das faces a serem soldadas, para uma menor distorção da solda a laser.

Outra vantagem citada no trabalho era a possibilidade de se soldar estruturas metálicas em áreas imediatamente adjacentes a porções de resina acrílica ou porcelana, sem causar grandes danos às mesmas.

Em 1977, HULLING; CLARK¹⁸ compararam a performance da solda a laser em relação aos resultados obtidos pela solda convencional a maçarico e as peças fundidas em monobloco. Para isso, idealizaram um modelo mestre fundido em Cr-Co simulando os preparos totais de um 1º pré molar e um 1º molar, tendo entre eles um espaço protético correspondente a um 2º pré molar. A partir desse modelo mestre, foram feitos 15 modelos em gesso para a escultura das infra-estruturas, sendo 5 peças para cada método avaliado. Todas as peças foram fundidas com uma liga de ouro tipo III e após os procedimentos de limpeza e adaptação foram feitas as leituras de desadaptação inicial em um microscópio. Nas peças fundidas em monobloco foi feita apenas uma leitura, ao contrário das peças soldadas que sofreram duas leituras, uma antes e outra após os procedimentos de soldagem.

A comparação entre a desadaptação causada pelos três métodos permitiu aos autores constatar uma superioridade da solda a laser com média de 35,2 μm e da fundição em monobloco com média de 49,1 μm em relação a solda convencional com média de 202,7 μm . Dessa maneira, os autores puderam concluir que uma vez que a soldagem das peças protéticas seja

indispensável, o método mais confiável e previsível seria a soldagem a laser. Outra vantagem seria a rapidez com que se executa a soldagem, gastando-se em média quatro minutos para a solda a laser enquanto que para a solda a maçarico esse tempo seria de no mínimo duas horas.

Problemas Técnicos Relacionados à Soldagem a Maçarico

PERDIGON; VanEEPOEL³⁰, em 1957, preocupados com a alteração dimensional que a contração das ligas de ouro poderia causar às peças protéticas, desenvolveram um método no qual somente após o enceramento e fundição das coroas que recobrem os pilares, cada uma delas com um botão voltado para o espaço protético, era então esculpido o elemento correspondente ao pântico sobre os botões. Após serem fixados condutos de alimentação no elemento em cera e nas coroas, todo o conjunto era incluído em um cilindro de revestimento para uma nova fundição. Posteriormente aos procedimentos de limpeza da peça fundida, pequenas porções de solda com ouro eram colocadas sobre áreas de juntas (botões) para que se cobrisse qualquer imperfeição.

BALASSIANO; VIEIRA³, em 1980, compararam a técnica de PERDIGON; VanEEPOEL³⁰ com outras duas: convencional e TYLMAN⁴⁰. Avaliando a alteração dimensional e a resistência das juntas, concluíram que apesar de não ter havido diferenças na alteração dimensional das juntas obtidas pelas três técnicas, as obtidas pela técnica de PERDIGON; VanEEPOEL³⁰ apresentaram os menores valores de resistência ao dobramento.

MOSKOWITZ et al.²⁸, em 1987, afirmaram que as faces paralelas tradicionalmente usadas nas juntas soldadas, com sua relativa simplicidade,

representam o modelo estruturalmente mais frágil. Os autores sugeriram um desenho que deveria prover um aumento da resistência das juntas soldadas.

O novo modelo consistia de um entalhe transversal realizado em cada uma das faces a serem soldadas, que na posição de soldagem, determinariam a formação de uma espécie de canaleta. Dentro dessa canaleta era colocada uma peça do mesmo metal, a fim de funcionar como elemento de ligação entre duas partes. Esse elemento após a soldagem, ficaria colocado internamente à massa de solda, propositalmente com a finalidade de aumentar a área de contato. Outra função, segundo os autores, seria a de decompor as tensões criadas no interior da junta quando a prótese sofresse alguma carga oclusal. Esse elemento intercalado funcionaria como dissipador de tensões, transformando tração em cisalhamento. No entanto, apesar de tantas vantagens previstas, a conclusão após os ensaios de tração foi a de que os dois modelos apresentaram a mesma resistência a deformação quando submetidas a uma tensão uniaxial. As juntas feitas de acordo com o novo modelo, apresentaram ainda a desvantagem de sofrerem uma maior alteração dimensional, além da alta porosidade, demonstrando ser inadequada para o uso clínico.

Técnicas Alternativas à Soldagem a Maçarico

HANCOURT¹⁵ em 1960, analisando a qualidade das peças fundidas em cobalto-cromo, constatou ser uma constante o surgimento de defeitos tanto interna quanto externamente, assumindo várias formas, variando desde porosidades microscópicas até grandes bolhas. Uma vez que esses defeitos poderiam afetar as propriedades físicas das ligas, o autor decidiu estudar o efeito que as técnicas de fundição teriam sobre o produto final, ou seja, a peça fundida.

Duas formas de fundição para ligas odontológicas poderiam ser usadas: a chama oxi-acetilênica e os meios elétricos (arcos elétricos e indução de alta frequência). A mais utilizada era a fundição à chama oxi-acetilênica, devido principalmente ao seu baixo custo operacional e de equipamentos, quando comparada aos meios elétricos.

Em função disso, o autor realizou um trabalho onde se variava a composição de chama pelas mudanças na concentração de oxigênio e acetileno, e a distância do bico do maçarico à liga.

Os resultados mostraram uma grande influência tanto da composição da chama quanto da distância do maçarico à liga para se obter fundições sem defeitos. Os autores verificaram que a melhor combinação seria a que unisse a chama de composição neutra (25 lb/pol^2 de O_2 + 5 lb/pol^2 de C_2H_2) com uma distância de 4 polegadas ou aproximadamente 10 cm. A chama rica em carbono (20 lb/pol de O_2 + 5 lb/pol^2 de C_2H_2) provocava uma reação em que o óxido de cromo combinado com o carbono oriundo da chama produzia monóxido de carbono e dióxido de carbono que ficavam retidos durante a solidificação da liga em forma de poros. A chama oxidante (30 lb/pol^2 de O + 5 lb/pol de C_2H_2) demonstrou ser a pior composição para todas as distâncias, sendo, portanto, contra-indicada.

BARAN⁴, em 1983, analisando vários aspectos referentes às ligas à base de níquel-cromo, também observou que as propriedades físicas dessas ligas eram sensivelmente afetadas pela combinação com o carbono proveniente da chama oxi-acetilênica. Relatou ainda que a resistência das ligas com berílio era maior quando a fundição era realizada em atmosfera inerte.

Por outro lado, ANUSAVICE; SHAFAGH¹, em 1986, transpondo essas constatações para o processo de soldagem de ligas à base de níquel-cromo, verificaram não haver melhora na resistência de juntas soldadas a maçarico (oxi-propano) sob atmosfera de argônio. Para o estudo, 10 ligas diferentes foram utilizadas, 5 delas contendo berílio. Os autores observaram

defeitos causados pela retenção de gases e partículas residuais de fluxo, apontados como principais causadores da baixa resistência e efetividade do processo.

CARLBERG; WICTORIN⁹, em 1986, partindo do princípio de que os defeitos apresentados pelas juntas soldadas pelo método convencional eram fruto do uso da chama de maçarico, sugeriram uma nova técnica de soldagem que eliminava a chama como fonte de calor e a necessidade de fluxo, pela realização da soldagem a vácuo.

O equipamento era constituído de duas partes distintas. A parte superior possuía dois refletores elipsóides posicionados a 45°. Entre os dois refletores, existia um visor por onde se podia acompanhar o processo de soldagem. A parte inferior consistia de uma câmara de vácuo onde as peças a serem soldadas eram colocadas. Separando os dois compartimentos existia uma placa de vidro.

Lâmpadas halógenas de 800 W produziam radiação infravermelha, responsável pela geração de calor. Cada refletor alojava uma lâmpada e tinha o seu interior folheado a ouro para garantir um máximo de reflexão. Os focos dos dois refletores eram coincidentes em um ponto. Nesse ponto, onde havia a maior concentração de calor, eram posicionadas as peças a serem soldadas.

Um equipamento auxiliar atuava como unidade de controle da potência elétrica das lâmpadas, além de conter as chaves da bomba de vácuo e da válvula elétrica para injeção de gás inerte.

Após a colocação da peças no local apropriado dentro da câmara de vácuo, a mesma era vedada pela placa de vidro e a bomba de vácuo era ligada. Quando o vácuo atingia o nível desejado, os refletores eram posicionados e se iniciava o aquecimento do sistema até que, pelo visor, se observasse a solda fundida preenchendo o espaço da junta.

Com o intuito de avaliar a efetividade do equipamento, os autores realizaram diferentes procedimentos de soldagem, variando os níveis de vácuo de 10^{-2} a 760 Torr, em 3 ligas nobres. Os grupos controle foram obtidos pela soldagem convencional (maçarico + fluxo).

Os resultados revelaram que as soldagens realizadas com pressões atmosféricas de até 1 Torr, apresentavam uma significativa diminuição da porosidade das juntas quando comparadas ao método convencional, sem a necessidade do uso de fluxo.

Soldagens feitas em atmosfera de argônio mostraram algumas melhoras quando comparadas às feitas pelo método convencional, entretanto, não foram tão evidentes quanto as soldadas sob vácuo.

Em 1986, PIRRO³² esclareceu que a soldagem com radiação infravermelha seria capaz de produzir uma forma concentrada de calor pela concentração óptica de energia que era direcionada para a área da junta.

Baseados nesses trabalhos, LOULY et al.²⁴, em 1991, decidiram comparar o uso do infravermelho como fonte de calor com a técnica convencional a maçarico, para soldagens realizadas em diferentes tipos de ligas. Para a comparação foram usadas 4 classes de ligas para emprego em trabalhos metalocerâmicos: Au-Pt-Pd, Au-Pd, Ag-Pd e Ni-Cr-Be.

Os resultados mostraram que a soldagem das ligas de Au-Pt-Pd pelo método convencional, produziu juntas muito mais resistentes que pelo método infravermelho. Para as outras três classes de ligas, no entanto, não houve uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos pelas duas formas de soldagem.

Em função das duas técnicas terem sido empregadas em condições atmosféricas iguais (não foi empregado vácuo para a soldagem a infravermelho) foram encontrados poros, bolhas, zonas de porosidades e

inclusões de fluxo nos corpos soldados pelas duas técnicas, indicando assim, a vantagem de se realizar a soldagem a vácuo.

LIMA VERDE; STEIN²³, em 1994 avaliaram a resistência a tração de peças fundidas com duas ligas não nobres e soldadas com quatro diferentes métodos. Foram escolhidas ligas para próteses metalo-cerâmicas à base de Co-Cr e de Ni-Cr. Essas duas ligas foram soldadas pelas técnicas pré-cerâmicas a maçarico e por radiação infravermelha, e pós-cerâmicas em forno cerâmico com e sem vácuo.

Os ensaios mostraram uma similaridade de resultados entre as soldas pré-cerâmicas a maçarico e infravermelho e pós-cerâmica em forno cerâmico com vácuo para as duas ligas. A única técnica que apresentou resultados significativamente inferiores foi a soldagem pós-cerâmica em forno cerâmico sem vácuo. Entretanto, os autores verificaram que embora os valores de resistência tenham sido relativamente altos, a soldagem de ligas não nobres se apresentou extremamente sensível e imprevisível.

Com o objetivo de avaliar as alterações dimensionais que ocorriam em juntas soldadas por radiação infravermelha, BYRNE et al.⁸, em 1992, comparou a adaptação cervical de próteses fixas de três elementos soldadas pela técnica avaliada com próteses fundidas em monobloco e coroas fundidas isoladamente.

Padrões de cera foram confeccionados sobre dentes preparados, simulando um incisivo central e um canino com um espaço correspondente ao incisivo lateral. Um cilindro plástico foi utilizado para simular o pântico.

Os grupos consistiam de cinco corpos de provas, sendo que um grupo era composto de coroas isoladas que não seriam soldadas e serviriam como grupo controle para a verificação de adaptação. Um segundo grupo era formado por próteses fixas fundidas em monobloco e no terceiro grupo as peças eram soldadas pela radiação infravermelha.

Os resultados revelaram uma desadaptação muito maior nas peças fundidas em monobloco quando comparados às peças soldadas e principalmente às coroas fundidas e adaptadas individualmente. Entretanto, não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre as desadaptações medidas nas peças soldadas e nas coroas isoladas.

De acordo com PHILLIPS³¹, as ligas com alto conteúdo de níquel se caracterizam por dissolver quantidades consideráveis de gases formados durante a soldagem, produzindo porosidade na junta. Nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e oxigênio são considerados os grandes responsáveis pela formação dessas porosidades.

Dessa forma, juntas livres de porosidades seriam obtidas através da escolha da técnica correta de soldagem que não apresentasse a possibilidade de contaminação por gases. Uma técnica recomendada pela American Welding Society¹⁹ para as ligas à base de níquel seria o arco elétrico com proteção de gás inerte. (TIG – Tungsten Inert Gas)

O argônio, o hélio ou uma mistura dos dois é normalmente usado para a proteção gasosa, sendo que o argônio tem seu emprego maior nos processos manuais. Esses gases inertes, devido às suas características não reativas, são os responsáveis pela proteção da junta contra a oxidação, isto é, impedem que tanto a liga de solda quanto do metal a ser soldado entrem em contato com o oxigênio durante o processo de soldagem.

O eletrodo de tungstênio, responsável pela geração do arco elétrico, situa-se no centro de um tubo cerâmico por onde sai o gás. A recomendação é que esse eletrodo tenha a sua extremidade cônica numa angulação que varia de 30° a 60°. Mais importante que essa angulação, é a extensão do eletrodo para fora do tubo cerâmico que deve ser mínima, apenas o suficiente para se ter uma boa visualização do arco.

A posição do eletrodo em relação à área a ser soldada deve ser o mais vertical possível, uma vez que uma inclinação maior que 35° em relação à vertical resulta em contaminação com o ar atmosférico, resultando em porosidades na junta.

UENO⁴¹, em 1994, avaliou a resistência ao dobramento de juntas soldadas pelo método convencional a maçarico e o processo TIG. Os corpos de provas foram fundidos com uma liga à base de Ni-Cr e soldados com a liga de solda recomendada pelo fabricante.

O ensaio de resistência ao dobramento demonstrou que entre as duas técnicas de soldagem avaliadas, o arco elétrico com proteção de argônio produziu juntas que atingiram os maiores valores, provavelmente como resultado de uma quase que total ausência de porosidades e inclusões. As juntas soldadas pelo processo TIG também apresentaram uma menor variação nos resultados, indicando uma maior confiabilidade do método.

As juntas soldadas pelo método convencional a maçarico por sua vez apresentaram uma maior concentração de imperfeições no interior da área da junta, confirmando os resultados inferiores no ensaio de resistência ao dobramento.

Dessa maneira, o autor pôde relacionar a qualidade das juntas soldadas pelo processo TIG com a proteção que o gás inerte, no caso o argônio, propiciaria, impedindo a oxidação do metal a ser soldado.

WANG; WELSCH⁴², em 1995, compararam a eficiência de três processos de soldagem na união de peças fundidas em titânio. Os autores salientaram as virtudes do titânio e as possibilidades de aplicação clínica das suas ligas devido a propriedades como a excelente biocompatibilidade e a sua alta resistência a corrosão. Entretanto, alertavam para a dificuldade de soldagem de peças fundidas com suas ligas. Por causa da alta afinidade com gases como o oxigênio e o hidrogênio, o uso de técnicas convencionais de

soldagem que se utilizam maçaricos a ar ou a oxigênio são contra-indicados para a união de materiais a base de titânio.

O estudo comparou a soldagem a laser com a radiação infravermelha e a soldagem a arco elétrico com proteção de argônio (TIG) para a soldagem de peças fundidas em titânio puro e na liga Ti-6Al-4V. Algumas conclusões obtidas através do trabalho dizem respeito a utilização clínica dessas três técnicas. As peças soldadas a laser demonstraram uma pequena penetração da solda que se restringia à periferia da área da junta, fazendo permanecer uma grande área na região central da junta sem ser soldada. Essa característica da solda a laser faz com que se deva evitar um acabamento e polimento mais agressivo na área da junta. A extensa área da junta sem solda também pode desempenhar um papel decisivo na fragilização de juntas que estejam sujeitas a esforços contínuos que ocorrem durante a mastigação.

A radiação infravermelha mostrou ser de aplicação relativamente simples e menos custosa que a solda a laser, porém sem apresentar resultados promissores no que diz respeito a sua resistência. A solda TIG por sua vez, apresentou uma utilização muito fácil, obtendo os melhores resultados de resistência, com a vantagem de ser mais economicamente viável. Apesar de cada técnica apresentar as suas vantagens, nenhuma delas pôde ser comparada ao corpo de provas fundido em monobloco, no que diz respeito à resistência a tração.

3- PROPOSIÇÃO

3. **PROPOSIÇÃO**

O trabalho tem por objetivo avaliar a alteração dimensional provocada pelo processo de soldagem a arco elétrico com proteção de argônio e comparar os resultados com os obtidos a partir da técnica convencional a maçarico, utilizando-se uma liga à base de Ni-Cr (Verabond 2). Para isso, dois grupos experimentais foram idealizados:

Grupo I: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem convencional a maçarico

Grupo II: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem a arco elétrico com proteção de argônio – processo TIG

4- MATERIAL e MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Materiais utilizados no trabalho

4.1.1. *Revestimento para fundição*

Talladium Micro-fine 1700 casting investment

- Revestimento aglutinado por fosfato para fundição
- Proporção água/pó: 16ml líquido + 6ml de água/90g de pó
- Expansão de presa: NF
- Expansão térmica: NF
- Temperatura inicial: 750°C
- Temperatura final: 940°C
- Velocidade de aquecimento: NF
- Tempo no forno à temperatura final: 20 min

Fabricante: Talladium, I.N.C. - E.U.A

Importador: Talladium do Brasil – Comercio de materiais de prótese odontológica

4.1.2. *Revestimento para soldagem*

Termocast

- Revestimento aglutinado por fosfato para fundição
- Proporção água/pó: 16ml/100g
- Expansão de presa: 1,00%
- Expansão térmica: 1,00% (700° – 1000°)
- Temperatura inicial: temperatura ambiente
- Temperatura final: 800°C
- Velocidade de aquecimento: NF
- Tempo no forno à temperatura final: 15 min.

Fabricante: Polidental São Paulo – SP – Brasil.

4.1.3. *Liga metálica*

Vera-bond 2

- Metal para fundição à base de Ni-Cr sem berílio para prótese metalocerâmica

Composição:

- Ni: 77,05% (máx.)
- Cr: 12,50%
- Mo: 4,25%
- Al: 2,25%
- Ti: 0,45%
- Nb: 4,00%
- Si: 0,50%

Propriedades mecânicas:

- Resistência à tração: 103,5 MPa
- Alongamento: 37%
- Dureza Vickers: 321
- Densidade: 8,3 g/cm³
- Coeficiente de expansão: $14,1 \times 10^{-6}$ (500°C)
- Intervalo de fusão: 1330-1360°C

Fabricante: Aalba Dent 400 Watt Drive, Cordelia, California 94585 USA

Importador: VL Importações e exportações Ltda. Belo Horizonte MG.

4.1.4. Liga de solda

Vera solder

- Solda de alta fusão para ligas à base de Ni-Cr

Composição:

- Ni: 75,00% (máx.)
- Cr: 14,00%
- Si: 4,50%
- Fe: 4,50%
- B: 3,00%

- Propriedades mecânicas:
 - Intervalo de fusão: 954-1076°C
- Fabricante: Aalba Dent 400 Watt Drive, Cordelia, California 94585 USA
- Importador: VL Importações e exportações Ltda. Belo Horizonte MG.

4.1.5. Fluxo para solda

Veraflux

- Pasta fluxo à base de fluoretos
- Intervalo de temperatura para utilização: 760-1200°C

A verificação da alteração dimensional causada pelos dois processos de soldagem foi realizada levando-se em consideração a aplicação clínica que esses processos teriam. Dessa forma, a análise foi feita utilizando-se corpos de provas na forma de próteses fixas com dois pilares e uma barra cilíndrica na região do pântico.

Para permitir uma padronização, os corpos de provas foram confeccionados sobre um dispositivo metálico, composto de dois pilares simulando dentes preparados.

Esse mesmo dispositivo também serviu para a fixação das peças a serem soldadas pelos dois métodos e para as medidas de alteração dimensional antes e após a soldagem.

A avaliação da alteração dimensional das juntas soldadas foi feita pela comparação da desadaptação dos casquetes metálicos nos pilares antes e após a soldagem.

4.2. Construção do dispositivo de ensaios

Para a confecção do dispositivo, duas réplicas de implantes (Steri-oss - Nobel Biocare Brasil Ltda) foram embutidas em um bloco maciço de aço inoxidável a uma distância de 20,0 mm de centro a centro e sobre elas foram parafusados munhões protéticos retos.

Nos munhões cônicos e de seção transversal circular, foram confeccionadas canaletas nas faces voltadas para o centro que se estendiam da extremidade oclusal até o início do ombro cervical, sem que o ultrapassasse. Essa alteração foi feita em um torno mecânico com uma ferramenta apropriada que seguia a inclinação da parede do munhão e tinha por objetivo impedir a rotação axial das estruturas que viriam a ser confeccionadas sobre o mesmo. A ausência de rotação visava facilitar o posicionamento das peças durante a fixação para soldagem e tornar mais crítica a adaptação dos corpos de prova após a soldagem (Figura 1).

Figura 1: Dispositivo de ensaios

Com a finalidade de facilitar os procedimentos de confecção dos padrões de resina e as subseqüentes etapas, após a fixação às replicas de implantes com parafusos próprios, os munhões tiveram a abertura oclusal selada com uma peça metálica torneada.

4.3. Confecção dos corpos de provas

Sobre o dispositivo de ensaios foram confeccionados os padrões de resina acrílica para a obtenção dos corpos de provas fundidos.

4.3.1. Confeção dos padrões de resina acrílica

Sobre os pilares metálicos devidamente isolados com vaselina sólida, era aplicada uma fina camada de resina acrílica Duralay (Reliance Dental Mfg. Co., Chicago Ill.,USA) com pincel, formando um casquete com a espessura uniforme de aproximadamente 1,0 mm.

Para permitir a identificação do pilar sobre o qual cada casquete seria confeccionado e posteriormente ajustado, foi convencionado que a partir de uma vista frontal do dispositivo metálico que continha uma marca, todos os casquetes feitos sobre o pilar direito recebiam uma marca em forma de X, além do número que os identificaria e os feitos sobre o pilar esquerdo não teriam marca alguma, somente o número de identificação.

Sobre os casquetes prontos era fixado um cilindro de acrílico com 4,0 mm de diâmetro e 25,0 mm de comprimento. O cilindro também era unido aos casquetes com resina acrílica (Figura 2).

Figura 2: Padrão em resina acrílica do corpo de prova

Após a fixação final do cilindro, a área da junta a ser soldada foi obtida por meio de um corte transversal da peça no seu ponto central com um disco diamantado com a espessura conhecida de 0,20 mm (Ref. 946.104.180 – Komet Brasseler GmbH & Co. KG - RFA) montado em outro aparato que permitia que os padrões fossem cortados ainda posicionados no dispositivo de ensaio. Os padrões seccionados apresentavam um espaço de aproximadamente 0,30 mm entre os dois fragmentos (Figura 3).

Figura 3a: Dispositivo de corte

Figura 3b: Corte do padrão de resina acrílica

4.3.2. Inclusão dos padrões para fundição

Dois pares de padrões eram fixados em um conduto de alimentação pré-fabricado (Labor Dental – São Paulo - Brasil) que por sua vez era posicionado em uma base formadora de cadinho de silicone (Polidental Ind. Co. Ltda – São Paulo – Brasil). Um agente redutor de tensão superficial (Waxit – Degussa S.A. Divisão dental, Guarulhos - Brasil) era pulverizado sobre os padrões e um anel de silicone completava o sistema com a base formadora de cadinho.

O revestimento para alta fusão Talladium (Talladium do Brasil), manipulado a vácuo (EDG equipamentos e controles Ltda, São Carlos, São Paulo) de acordo com as orientações do fabricante, era vazado sob vibração até o preenchimento do anel.

4.3.3. Fundição

Após a presa inicial, o cilindro de revestimento era removido do anel de silicone e era aguardado um tempo de 15 minutos, para então ser

levado ao forno de anéis (EDG equipamentos e controles Ltda, São Carlos, São Paulo) previamente aquecido a 750° C. A temperatura do forno elevada até 940° C respeitava uma razão de 10° C por minuto. Atingida a temperatura final, o anel era posicionado na centrífuga mecânica (Stip – Juiz de Fora, Minas Gerais) e três lingotes de metal à base de Ni-Cr Verabond 2 (Aalba Dent 400 Watt Drive, Cordelia, California 94585 USA) colocados no cadinho também aquecido. A fundição era realizada com um maçarico a gás-oxigênio (Draeger, Labor Dental Ltda. São Paulo) ajustado para 10 PSI e 20 PSI de pressão para o gás butano/propano e o oxigênio respectivamente. Após a fundição e injeção da liga na centrífuga, o cilindro de revestimento tinha um resfriamento natural até atingir a temperatura ambiente.

4.3.4. Assentamento das estruturas metálicas aos pilares

Após a desinclusão das peças fundidas, as mesmas passavam por um jateamento (Trijato Larcon – Maringá – Paraná) com óxido de alumínio de 50 µm a uma pressão de 80PSI, para a remoção das partículas de revestimento que permaneciam aderidas.

O assentamento das peças foi feito sobre os pilares correspondentes no dispositivo de ensaio, com o auxílio de um evidenciador de contato Hi-site (Ultradent Prod. Inc. USA) que era aplicado nas faces internas dos casquetes e uma broca esférica nº2 (Jet Carbide, Beavers Dental, Ontario - Canada) em alta rotação para a remoção de excessos. Esse procedimento visava uma melhor assentamento das peças aos pilares (Figura 4). Estando as peças assentadas, fazia-se a verificação do espaço entre as faces a serem soldadas e se necessário, desgastes eram feitos até que esse espaço fosse de 0,30 mm. O preparo das faces que fariam parte da junta soldada foi feito com pedras de óxido de alumínio e jateadas com óxido de alumínio de 50 µm a uma pressão de 80 PSI.

Figura 4: Corpo de prova adaptado ao dispositivo de ensaio

4.4. Medida do assentamento dos casquetes metálicos

Uma vez que a alteração dimensional provocada pelos processos de soldagem teria consequências clínicas no assentamento e consequentemente na adaptação dos casquetes metálicos sobre os dentes pilares, a verificação das alterações provocadas pelos dois processos de soldagem foi feita pela comparação das medidas de assentamento dos casquetes, antes e após a soldagem.

Para que as medidas pudessem ser realizadas, foram feitas marcações circulares com uma broca esférica $\frac{1}{2}$ em alta rotação, que era introduzida até aproximadamente metade do diâmetro da sua ponta ativa, tanto no dispositivo de ensaios quanto nos casquetes metálicos dos corpos de provas. Essas marcações foram feitas nos pilares metálicos do dispositivo, a aproximadamente 0,5 mm da margem do ombro, nos três quadrantes onde havia um acesso direto para as leituras no microscópio. Esses pontos foram

numerados de um a seis, de acordo com a sua posição, sendo marcados no sentido horário a partir da face frontal do pilar esquerdo (Figura 5).

Figura 5: Numeração das faces visualizadas durante as leituras de desajuste cervical

Os casquetes metálicos eram posicionados nos seus respectivos pilares e com a mesma broca esférica eram feitas marcações alinhadas com as dos pilares a aproximadamente 0,5 mm da borda do casquete (Figura 6).

Figura 6: Marcações circulares feitas nos casquetes e nos munhões protéticos

Antes que a soldagem fosse realizada, foram feitas as medidas de assentamento de cada casquete para os três pontos pré-estabelecidos. Previamente a leitura da desadaptação, os casquetes posicionados no dispositivo de ensaios eram submetidos a uma carga estática de 2,0Kg. Após 30 minutos, o conjunto era posicionado no Microscópio comparador (Mitutoyo Mfg. Co. Tokio – Japão) e as medidas feitas da distância entre a bordas mais próximas de cada par de marcações, uma no dispositivo e outra no casquete (Figura 7).

Figura 7 – Medida da distância entre as bordas das marcações

Para que a leitura das distâncias pudesse ser feita, o dispositivo de ensaios precisava ser posicionado no microscópio de maneira que a linha horizontal do visor do microscópio estivesse paralelo à base do dispositivo. Visando facilitar as repetidas leituras, foi confeccionada uma matriz de silicóna de condensação Zetalabor (Zermack, Itália) que funcionava como posicionador do dispositivo no microscópio (Figura 8).

Figura 8: Posicionamento do dispositivo de ensaios para as mensurações no microscópio comparador

Para cada ponto foram feitas três medidas, com o intuito de eliminar eventuais erros de leitura. As medidas foram tomadas para todos os corpos de provas dos dois grupos.

4.5. Remoção para a soldagem

A fixação dos corpos de provas foi semelhante para os dois grupos. Com as duas partes do cilindro perfeitamente alinhadas, toda a área da junta era recoberta por resina acrílica Duralay, visando uma imobilização suficientemente rígida (Figura 9).

Figura 9: Fixação para remoção do corpo de prova em posição para soldagem

Depois da polimerização da resina, o conjunto era removido e estocado em um recipiente com água para posterior inclusão de soldagem.

4.6. Inclusão para soldagem

Para que houvesse uma uniformidade na inclusão dos corpos de provas para os dois grupos, foi produzido um padrão em cera, simulando um bloco de revestimento pronto para a soldagem. Uma peça, fundida em monobloco foi posicionada sobre um bloco de cera utilidade (Epoxiglass Ind. Co. de produtos químicos Ltda. São Paulo) que foi modelada até que apresentasse a forma desejada. Esse padrão apresentava a forma trapezoidal de base retangular medindo 15 mm X 35 mm de base por 25 mm de altura. O corpo de provas era posicionado na porção mais alta do padrão, tendo as partes correspondentes aos casquetes metálicos recobertos pela cera, como uma forma de retenção e estabilização. A parte cilíndrica, que correspondia ao pântico ficava exposta em toda a sua extensão para que houvesse acesso a área da junta para os procedimentos de soldagem.

Um detalhe importante foi a escultura de uma canaleta em forma de “U” com um diâmetro de aproximadamente 12,0 mm logo abaixo da área da junta. Essa canaleta tinha a função de criar espaço para o posicionamento tanto da chama do maçarico quanto do bocal da máquina de solda TIG.

Após o término da escultura do padrão, foi confeccionada uma matriz em silicón de condensação TITANIUM (Zermack – Itália). A matriz foi produzida de maneira que pudesse ser separada em duas metades através de um corte que se estendia a partir de suas laterais e possuía alguns guias para permitir um encaixe perfeito das partes. Toda a periferia da matriz era vedada, com exceção da sua base que serviria posteriormente para o vazamento do revestimento na inclusão de fato.

A inclusão para soldagem diferiu entre o grupo I, que foi submetido ao processo convencional a maçarico e o grupo II em que foi usada a técnica de soldagem a arco elétrico com proteção de Argônio – TIG.

4.6.1. Inclusão - Grupo I – soldagem a maçarico

Na inclusão das peças do grupo I foi usado revestimento para alta fusão (termocast) manipulado com água destilada numa proporção de 6ml de água para 40g de pó. As peças eram posicionadas no dispositivo de leitura e após a verificação do espaço para soldagem que deveria ser de 0,30mm, eram fixadas para a soldagem com resina acrílica quimicamente ativada Duralay. Após a presa final da resina, o conjunto a ser soldado era removido do dispositivo e levado para o interior da matriz de silicone previamente confeccionada para a inclusão em revestimento (Figura 10a e 10b).

Figura 10a – Fôrma de silicone para inclusão de soldagem

Figura 10b – Fôrma de silicone para inclusão de soldagem

Com o conjunto em seu interior, as metades da matriz eram unidas e mantidas assim por meio de uma banda de látex. Todo o interior da matriz era pulverizado com um agente redutor de tensão superficial (Waxit – Degussa). O revestimento era manipulado mecanicamente a vácuo e vazado sob vibração (Marcon – Odonto Larcon Comércio e Industria Ltda, Maringá, PR) através da abertura inferior da matriz até o seu completo preenchimento.

Com a presa final do revestimento, 15 minutos após o início da sua manipulação, removia-se o bloco de revestimento de dentro da matriz que era aberta pelos cortes laterais (Figura 11).

Figura 11 – Corpo de prova incluído em revestimento para soldagem

Os 10 blocos de revestimento contendo os 10 corpos de provas a serem soldados foram colocados no forno para anéis e aquecidos até 800°C, a partir da temperatura ambiente com a finalidade de eliminar a resina acrílica que recobria e fixava a área da junta. Após o seu resfriamento as áreas de juntas foram jateadas por um microjato (Bio-art Equipamentos Odontológicos, São Carlos - SP) com óxido de alumínio de 50 μm , para a remoção dos óxidos formados durante o aquecimento no forno e quaisquer resíduos de carbono, resultantes da queima da resina.

4.6.2. Inclusão - Grupo II– soldagem com processo TIG

Os corpos de provas foram incluídos da mesma forma que os do grupo de soldagem a maçarico, só diferindo pelo fato do revestimento ter sido manipulado com 100% de líquido especial à base de sílica coloidal.

Na etapa preliminar do trabalho, durante a fase piloto, foi verificada uma maior tendência a contração da solda quando feita pelo processo TIG, o que praticamente impedia o assentamento da peça soldada no dispositivo de leituras. Várias alterações da técnica foram experimentadas até

que o melhor resultado foi obtido através da alteração da quantidade de líquido especial na manipulação do revestimento.

Com a finalidade de se determinar qual a melhor proporção de líquido especial e água, foram feitas soldagens com 5 proporções diferentes. Desta forma, cinco grupos contendo cinco corpos de provas cada foram formados para avaliar o comportamento de diferentes proporções que variaram de 100% de água destilada, 25, 50 e 75% de líquido adicionado a água destilada e 100% de líquido especial para a manipulação do revestimento.

Utilizando-se essas quatro proporções de líquido especial no revestimento, foi verificada uma gradual melhora na adaptação dos corpos de provas comparativamente à manipulação com 100% de água, sendo que os melhores resultados foram obtidos com 100% de líquido. Em função disso é que se optou pela manipulação com essa proporção.

4.7. Soldagem

4.7.1. Soldagem a maçarico

Os corpos de prova do grupo I foram soldados segundo a técnica convencional com um maçarico para solda (Draeger – Labor Dental – São Paulo) com um orifício de 1,0 mm de diâmetro. De acordo com as orientações do fabricante, a mistura butano-propano/oxigênio foi regulada para 11 lb/pol² e 17 lb/pol² respectivamente.

Todo o conjunto peça e revestimento era aquecido uniformemente até que a peça se apresentasse com uma tonalidade vermelho brilhante, quando então a chama era posicionada sobre a área da junta. Nesse momento, uma vareta de solda Verasolder (Aalba Dent 400 Watt Drive, Cordelia, California 94585 USA) segura por uma pinça mosquito de ponta reta tinha a extremidade imersa no fluxo para solda Veraflux (Aalba Dent 400 Watt Drive, Cordelia, California 94585 USA) e era levada até tocar a área da junta, quando recebia a chama do maçarico a solda se fundia e fluía para o interior da junta. O resfriamento da peça ocorria naturalmente até que atingisse a temperatura ambiente.

Após a desinclusão, os corpos de provas foram jateados com óxido de alumínio de 50 μm a uma pressão de 80 lb/pol² e os excessos de solda sobre a área da junta removidos com discos e pedras de óxido de alumínio (Dentorium, New York – USA). Todas as peças foram analisadas quanto a imperfeições nas juntas soldadas e estocadas para posterior medição da desadaptação.

4.7.2. Soldagem a arco elétrico em atmosfera de argônio

A soldagem a arco elétrico foi realizada com um aparelho de solda “TIG” (Tungsten Inert Gas) modelo SOLTIG 350 Ac/Dc (White Martins – São Paulo) regulada para trabalhar em baixa Ac (corrente alternada) a 5 amperes determinando a formação de um arco de aproximadamente 7,0 mm (Figura 12). Para isso, o aparelho foi montado com um eletrodo de tungstênio de 1/16” centralizado no interior de um bocal cerâmico de 4,0 mm, por onde se dava a vazão de gás argônio. O tempo de pré-fluxo e pós-fluxo de argônio foi estipulado para 2,0 segundos.

Figura 12: Máquina de solda TIG

Os corpos de provas devidamente incluídos nos blocos de revestimento de acordo com a técnica já descrita eram aquecidos em um forno de anéis até atingir a temperatura de 980°C e assim permaneciam até o momento de serem soldados. A mesa de solda para o processo TIG consistia de uma plataforma de alumínio com 0,5 m² onde era conectado o pólo positivo. O pólo negativo era conectado ao eletrodo de tungstênio da máquina de solda TIG.

Um bloco de revestimento contendo um conjunto a ser soldado era retirado do forno e levado à plataforma de soldagem. Pelo fato do revestimento não ser condutor, era usado um fio de aço com 20 cm de comprimento e 2,0 mm de diâmetro para conectar as partes a serem soldadas à plataforma metálica e conseqüentemente ao pólo positivo da máquina de solda (Figura 13).

Figura 13: Posicionamento do eletrodo de tungstênio para soldagem TIG

O eletrodo de tungstênio era posicionado em uma das laterais da junta com uma angulação de aproximadamente 30° e o comando de pedal

acionado. Sem que o eletrodo tocasse a peça, um arco elétrico era formado entre ambos causando uma elevação da temperatura imediata na área da junta. Logo após o início do processo, a peça já apresentava uma coloração vermelha. Nesse momento a vareta de solda, era levada a tocar a peça, passando a ser aquecida pelo arco elétrico. Com a fusão da solda de um dos lados da junta, passava-se a soldagem do outro lado seguindo o mesmo procedimento.

Terminada a soldagem, o arco elétrico era desativado, permanecendo ainda uma vazão de argônio por 2,0 segundos. Esse pós-fluxo de argônio não permitia que a junta ainda aquecida entrasse em contato com o oxigênio, o que poderia causar uma oxidação da mesma.

Todas as peças soldadas sofriam um resfriamento natural até a temperatura ambiente. Após o resfriamento, era feita a desinclusão das peças da maneira convencional e uma limpeza com jatos de óxido de alumínio de 50 μm a 80 lb/pol². As peças eram então assentadas no dispositivo de medições e levadas ao microscópio para as medições pós-soldagem (Figura 14).

Figura 14:Corpo de prova soldado pelo processo TIG

5- RESULTADOS

5. RESULTADOS

A medida da desadaptação causada pelos processos de soldagem foi feita da mesma maneira que as medições preliminares de assentamento pré-soldagem. A diferença entre a medida inicial e a final para os dois grupos encontra-se exposta nas tabelas 1 e 2.

TABELA 1: Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda Grupo solda a maçarico.

Face Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6
1	0,354	0,374	0,448	0,429	0,410	0,386
2	0,020	0,115	0,064	0,019	0,009	0,024
3	0,162	0,226	0,217	0,111	0,067	0,099
4	0,040	0,102	0,126	0,040	0,046	0,064
5	0,091	0,108	0,120	0,046	0,028	0,073
6	0,071	0,118	0,146	-0,012	-0,011	0,018
7	0,327	0,380	0,424	0,286	0,237	0,277
8	0,093	0,136	0,144	0,105	0,120	0,137
9	0,037	0,081	0,107	0,083	0,043	0,079
10	0,102	0,136	0,166	0,070	0,134	0,165
X	0,129	0,177	0,196	0,117	0,108	0,132
Dp	0,118	0,111	0,132	0,136	0,128	0,117
Mín	0,020	0,081	0,064	-0,012	-0,011	0,018
Max	0,354	0,380	0,448	0,429	0,410	0,386

TABELA 2: Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda – Grupo solda TIG

Faces Corpo de provas	1	2	3	4	5	6
1	-0,043	-0,020	0,026	-0,009	0,017	0,061
2	-0,004	0,034	0,060	-0,012	-0,009	-0,010
3	-0,025	0,017	-0,021	0,023	0,032	0,020
4	0,019	0,019	-0,001	0,015	0,006	0,028
5	0,010	-0,021	0,022	0,003	0,010	0,012
6	-0,006	0,008	-0,010	0,007	0,018	0,013
7	0,048	0,010	0,004	0,018	0,020	0,018
8	0,037	-0,009	-0,045	0,020	0,066	0,045
9	-0,032	-0,022	-0,019	0,011	0,098	-0,022
10	-0,020	-0,036	-0,051	0,005	-0,016	0,031
$\bar{X}$	-0,001	-0,002	-0,003	0,008	0,024	0,019
dp	0,029	0,022	0,033	0,011	0,034	0,024
Mín	-0,043	-0,036	-0,051	-0,012	-0,016	-0,022
Max	0,048	0,034	0,060	0,023	0,098	0,061

Os resultados foram submetidos a análise estatística e em função de haver uma homogeneidade entre os resultados obtidos dentro de cada grupo, foi realizada a ANOVA a um critério, com a finalidade de analisar a diferença que ocorreu entre os locais de medição dentro de um mesmo método (tabela 3 a tabela 5). A comparação entre os dois métodos de soldagem foi realizada pelo teste “t” individualmente em cada local (tabela 6).

Solda a maçarico – Comparação entre os locais mensurados

TABELA 3: Análise de variância para comparação entre os 6 locais mensurados no Grupo solda a maçarico

GL Efeito	MS Efeito	GL Erro	QM Erro	F	p
5	0,12326	45	0,001039	11,86464	0,00*

* diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$)

TABELA 4: Teste de Tukey para comparações múltiplas entre os 6 locais mensurados no grupo solda a maçarico.

Local	$\bar{X}$	1	2
6	0,108300		
4	0,117700		
2	0,129700		
5	0,132200		
3	0,177600		
1	0,196200		

*Grupos unidos por linha vertical não possuem diferença significativa entre si.

Solda TIG – Comparação entre os locais mensurados

TABELA 5: Análise de variância para comparação entre os 6 locais no grupo Solda TIG

GL Efeito	QM Efeito	GL Erro	QM Erro	F	p
5	0,001439	45	0,000775	1,857598	0,120883

A tabela 5 mostrou não haver diferenças significantes na comparação entre os seis locais de mensuração para o grupo de soldagem TIG. O mesmo não ocorreu com o grupo de solda a maçarico (Tabela 3) que apresentou alguma diferença entre os locais de mensuração (Tabela 4).

TABELA 6: Teste “t” para comparação entre a solda a maçarico e a solda TIG nos 6 locais analisados

Local	Convencional		TIG		“t”	p
	x	dp	x	dp		
1	0,1297*	0,1183*	-0,0016*	0,0299*	3,402*	0,003*
2	0,1776*	0,1119*	-0,0020*	0,0226*	4,974*	0,0001*
3	0,1962*	0,1325*	-0,0035*	0,0336*	4,619*	0,002*
4	0,1322*	0,1170*	0,0196*	0,0241*	2,979*	0,008*
5	0,1083	0,1285	0,0242	0,0343	1,998	0,061
6	0,1177*	0,1360*	0,0081*	0,0117*	2,537*	0,020*

*diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

* nível de significância 5%

Na Tabela 6, pode-se notar diferenças estatisticamente significantes entre as medidas de desadaptação causadas pelos dois métodos para a maioria dos locais de mensuração com exceção do local 5.

As evidências de um melhor assentamento dos corpos de prova soldados pelo processo TIG se manifestam inclusive pelo valores negativos nas médias de desadaptação anotadas nos locais de mensuração de números 1, 2 e 3 (Gráfico 1)

Gráfico 1: Comparação da desadaptação pós soldagem dos grupos solda a maçarico e solda TIG

6- DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

Os procedimentos de soldagem em prótese fixa constituem uma importante etapa na construção das mesmas e devem, portanto, ser realizados buscando-se uma maior qualidade da junta soldada, o que deve resultar em uma maior resistência e em uma menor alteração dimensional em relação à posição de remoção intra oral da peça .

Dessa forma, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com a finalidade da obtenção de juntas mais resistentes e mais precisas. Todos os métodos propostos visam obter resultados melhores em relação àquele que tem sido usado desde os primórdios da história da prótese fixa, que é a soldagem a maçarico.

Entretanto, surge um impasse quanto a aplicação dessas técnicas e mesmo o custo do equipamento se torna impraticável para a maioria dos profissionais que trabalham na confecção dessas próteses, muito embora os resultados sejam nitidamente superiores quando comparados com a solda convencional.

Em função disso é que se buscou através desse trabalho avaliar o método de soldagem a arco elétrico com proteção de gás inerte na soldagem (TIG) de próteses fixas. De acordo com PHILLIPS³¹ a solda TIG seria indicada para a soldagem de ligas com alto teor de níquel, em função do controle da oxidação e da geração e aplicação de calor.

Outro fator que incentivou a avaliação dessa técnica foi o custo do equipamento que representa algo em torno de 10% do valor de um equipamento de soldagem a laser.

Uma vez que a resistência das juntas obtidas pelo processo TIG já tenha sido verificada em um estudo anterior por UENO⁴¹ em 1994, havia a

necessidade de avaliar a precisão das peças soldadas pela mesma técnica. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a adaptação das peças unidas pela solda TIG foi compatível com a obtida nos trabalhos realizados para as outras técnicas alternativas ao maçarico.

Num trabalho semelhante, usando uma metodologia muito próxima, HULLING; CLARK¹⁸, em 1977, encontraram valores médios de desadaptação para peças soldadas a laser em torno de 32,0 μ m, muito maiores que os valores obtidos nesse trabalho que alcançaram a média de 7,3 μ m. No mesmo trabalho, os autores verificaram uma média de desadaptação das peças soldadas pelo método a maçarico de 202,7 μ m, também elevados, se comparados à média encontrada neste trabalho que foi de 143,1 μ m.

Finalmente, a comparação entre os resultados mostrou haver uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos avaliados, com uma nítida vantagem para a soldagem pelo processo TIG, o que permite concluir que além de proporcionar a obtenção de juntas soldadas mais resistentes, o processo também produz peças soldadas mais precisas.

Entretanto, seria errado afirmar que a solda TIG gera um menor grau de distorção durante o processo. Na realidade, o que se pôde notar na fase inicial do trabalho, é que a solda TIG promove uma maior contração da solda quando comparada ao maçarico, fato esse que foi controlado pela manipulação do revestimento com 100% do líquido especial, uma solução baseada no trabalho de THOUPOS et al.³⁸, em 1995.

Trabalhos como os de WILLIS; NICHOLLS, em 1980, já previam esse tipo de compensação, uma vez que todas as juntas soldadas apresentam uma tendência a contração pela solidificação da liga de solda.

A adição de líquido especial à base de sílica coloidal na manipulação do revestimento fosfatado visando uma maior expansão de presa foi comprovada pelos trabalhos de LEWIS et al.²², em 1977. A influência da

variação na concentração de líquido especial, determinando uma expansão do revestimento na razão direta da quantidade de líquido especial foi verificada por GARLAPO et al.¹³, em 1983.

7- CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

Através dos métodos utilizados, condições experimentais descritas e de acordo com os resultados obtidos neste estudo, concluiu-se que:

- 7.1. Entre as duas técnicas de soldagem avaliadas, a solda TIG apresentou uma maior contração da junta e conseqüentemente uma maior alteração dimensional quando comparada ao método convencional a maçarico.
- 7.2. A solda TIG permite um melhor assentamento da peça soldada quando comparados os seus resultados com os da soldagem convencional a maçarico, desde que a quantidade de líquido especial utilizado na manipulação do revestimento para a soldagem seja de 100%.
- 7.3. A solda TIG, desde que utilizada da maneira descrita, pode produzir juntas soldadas com uma precisão satisfatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ANUSAVICE, K.J.; SHAFAGH, I. Inert gas presoldering of nickel-chromium alloys. **J. Prosth. Dent.**, v.55, n.3, p. 317-23, Mar. 1986.
2. BAGLEY, J.L. State of the industry: part I. Survey on materials. **Dent. Lab.**, v.54, n.1, p.16-22, Jan. 1979.
3. BALASSIANO, D.F.; VIEIRA, D.F. Resistência à deflexão e desajuste de peças soldadas por três técnicas diversas (convencional, Perdigon & Van Eepoel e Tylman). **Rev. Ass. Paul. Cirurg. Dent.**, v.34, n.6, p. 488-99, nov./dez. 1980.
4. BARAN, G.R. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. **J. Prosth. Dent.**, v.50, n.5, p. 639-50, Nov. 1983.
5. BERTOLOTI, R.L. Selection of alloys for today's crown and fixed partial denture restorations. **J. Amer. Dent. Ass.**, v. 108, n.6, p. 959-66, Jun. 1984.
6. BLUSTEIN, R. et al. A reliable technique of post soldering of nonprecious ceramic units. **J. Prosth. Dent.** v.36, n.1, p.112-4, July, 1976.
7. BRUCE, R. W. Evaluation of multiple unit for fixed partial dentures. **J. Prosth. Dent.** v.14, p.939-43, ,1964.
8. BYRNE, G. et al, The fit of fixed partial dentures joined by infrared soldering. **J. Prosth. Dent.** v.68, n.4, p.591-96, Oct., 1992.
9. CARLBERG, T.; WICTORTIN, L. Soldering of dental alloys under vacuum by IR-heating. **Dent. Mat.**, v.2, n.6, p. 279-83, Dec. 1986.

* Normas recomendadas para o uso no âmbito da Universidade de São Paulo, com base no documento "Referências Bibliográficas: exemplos", emanado do Conselho Superior do Sistema Integrado de Biblioteca da USP, em reunião de 20 de setembro de 1990.

10. CHENG, A. C.; CHAI, J. Y.; GILBERT, J.; JAMESON, L. M. Investigation of stiffness and microstructure of joints soldered with gas-oxygen torch and infrared methods. **J. Prosth. Dent.** v.72, n.1, p. 8-15, Jul, 1994.
11. DUNCANSON, M.G. Non previous metal alloys for fixed restorative dentistry. **Dent. Clin. N. Amer.**, v.20, n.2, p. 423-33, Apr. 1976.
12. FUSAYAMA, T.; WAKUMOTO, S.; HOSODA, H. Accuracy of fixed partial dentures made by various soldering techniques and one piece casting. **J. Prosth. Dent.**, v.14, n.2, p. 334-42, Mar/Apr. 1964.
13. GARLAPO, D. A.; LEE, S.; CHOUNG, C.H.; SORENSEN, S. E. Spacial changes occurring in fixed partial dentures made as one piece castings. **J. Prosth. Dent.** v.49, n. , p. 781-85, , 1983.
14. GORDON,T. E.; SMITH,D. L. Laser welding of prosthesis – an initial report. **J. Prosth. Dent.** v.24, n.4, p.472-76, 1970.
15. HARCOURT, H.J. An investigation into oxy-acetylene melting of chrome-cobalt alloys and its effect of surface texture and homogeneity in casting. **Brit. Dent. J.**, v. 108, n.4, p. 139-46, Feb. 1960.
16. HAWBOLT, E.B.; MCENTEE, M.I. Effects of fatigue on a soldered base metal alloy. **J. Dent. Res.**, v.62, n.12, p. 1226-8, Dec. 1983.
17. HULING, J. S.; CLARK, R. E. **J. Dent. Res.** v.56, n.2, p.128-34, Feb. 1977.
18. KEARNS, W.H., ED. Metals and their weldability. In: _____. **Welding handbook.** 7 ed. Miami, American Welding Society, s.d. v.4.
19. KRIEBEL, R. et al. A comparison of the strenght of base metal and gold solder joints. **J. Prosth. Dent.**, v.51., n.1, p. 60-6, Jan. 1984.
20. LAUTENSCHLAGER, E. P. et al. Strenght mechanism of dental solder joints. **J. Dent. Res.**, v.53, n.6, p. 1361-7, Nov./ Dec. 1974.

-
21. LEWIS, A.J. et al. The influence of the refractory investment on the development of porosity in cast structures. **Aust. Dent. J.**, v.22, n.6, p. 455-7, Dec., 1977.
 22. LIMA VERDE, M. A. R.; STEIN, R. S. Evaluation of soldered connectors of two base metal ceramic alloys, **J. Prosth. Dent.**, v.71, n.4, p.339-44, Apr, 1994.
 23. LOULY, A.C. et al. Tensile strenght of preceramic solder joints dormed using an infrared heat source. **Int. J. Prosthodont.**, v.4, n.5, p. 425-31, Sept./Oct. 1991.
 24. MOFFA, J.P.; JENKINS, W.A. Status report on base-metal crown and bridge alloys. **J. Amer. Dent. Ass.**, v.89, n.3, p. 652-5, Sept. 1974.
 25. MOFFA, J.P. et al. An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I. Physical properties. **J. Prosth. Dent.**, v.30, n.4, p. 424-31, Oct. 1973.
 26. MOFFA, J.P. et al. An evaluation of non precious alloys for use with porcelain veneers. Part II. Industrial safety and biocompatibility. **J. Prosth Dent.**, v.30, n.4, p. 432-41, Oct. 1973.
 27. MOSKOWITZ, H.; JANUS, C.E.; BECK, D.A. Tensile strenght of an alternative soldered connector. **J. Prosth. Dent.**, v.57, n.3, p. 301-6, Mar. 1987.
 28. MUNFORD, G.; RIDGE, A. Dental porcelain. **Dent. Clin. N. Amer.**, v.15, n. 1, p.33-42, Jan., 1971.
 29. PERDIGON, G.J.; VAN EEPOEL, E.F. Minimizing solder joint warpage in fixed partial denture construction. **J. Prosth. Dent.**, v.7, n.2, p. 244-9, Mar. 1957.
 30. PHILLIPS, A.A., ED. Fundamentals of welding. In: _____. **Welding handbook**. 6. Ed. Miami, American Welding Society, s.d. Cap. 1.

31. PIRRO, J. Infrared advanced technology: simplified soldering and brazing procedures. **Contemp. Dent. Lab.** V. 3, n. , p. 10-12 1986.
32. RYGE, G. Dental soldering procedures. **Dent. Clin. N. Amer.** p. 747-57, Nov., 1958.
33. SARFAT, E.; HARTER, J. C. Comparative accuracy of fixed partial dentures made as one piece castings and joined by solder. **J. Prosth. Dent.** v.55, n. 3, p. 312-17, Mar, 1992.
34. STACKHOUSE, J. A. Assembly of dental units by soldering. **J. Prosth Dent.** v. 18, n.2, p.131-39, Aug. 1967.
35. STAFFANOU, R.S.; RADKE, R.A.; JENDRESEN, M.D. Strenght properties of soldered joints form various cermic-metal combinations. **J. Prosth. Dent.**, v.43, n.1, p. 3109, Jan. 1980.
36. STEINMAN, R. R. Warpage produced by soldering with dental solders and gold alloys. **J. Prosth. Dent.** v.4, n.3, p.384-95, May, 1954.
37. THOUPOS, G .A. ZOURAS, C. S. WINKLER, S. Connecting implant framework segments. **Implant Dent.** v.4, n. p.97-99, 1995.
38. TOWNSEND, L. W. A.; VERMILYEA, S. G.; GRISWOLD, W. H. Soldering nonnoble alloys. **J. Prosth. Dent.**, v.50, n.1, p. 51-3, July 1983.
39. TYLMAN, S.D. **Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics.** Bridge 6th ed. Saint Louis, Mosby, 1970.

-
40. UENO, A. H. **Avaliação da resistência ao dobramento de juntas soldadas por dois métodos: arco elétrico em atmosfera de argônio e convencional a maçarico, em liga de metal não nobre à base de NiCr.** Bauru, 1994, 124p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.
41. WANG, R. R.; WELSCH, G. E. Joining titanium materials with tungsten inert gas welding, laser welding, and infrared brazing. **J. Prosth. Dent.**, v.74, n.5, p.521-30, 1995.
42. WICTORIN, L.; FREDRIKSSON, H. Microstructure of the solder-casting zone in bridge of dental gold alloys. **Odont. Rev**, v.27, n.3, p. 187-96, 1976.
43. WILLIS, L. M.; NICHOLLS, J. I. Distortion in dental soldering as affected by gap distance. **J. Prosth. Dent.**, v. 43, n. , p.272-78, , 1980.
44. WISKOTT, H. W. A.; NICHOLLS, J. I.; BELSER, U. C. **Int. J. Prosth.** v.8, n.2, p.105-16, 1995.
45. WISKOTT, H. W. A.; NICHOLLS, J. I.; BELSER, U. C. Fatigue resistance of soldered joints. A methodological study. **Dent. Mater.** v.10, n. 3, p. 215-20, May, 1995
46. YOUNG, A. C. The technic of soldering, **Dent. Rays**, v.14, ,p.39-42, 1939
47. ZOIDS, P. C.; WINKLER, S.; KARELLOS, N. D. The effect of soldering, electrowelding, and cast-to procedures on the accuracy of fit of cast implant bars. **Impl. Dent.** v.5, n.3, p.163-68, 1996.
48. ZOIDS, P. C.; THOUPOS, G. A.; KARELLOS, N. D. WINKLER, S. The use of casting investments for soldering gold implant bars: a pilot study. **Impl. Dent.** v.5, n.3, p.174-76, 1996.

ABSTRACT

ABSTRACT

The present study was performed to evaluate the dimensional alteration caused by the soldering process using argon protected electric arch (TIG process) and compare the results with those obtained with the conventional soldering technique, using a nickel-chromium alloy (Veradond 2) for the samples.

A metallic device was used to simulate a clinical condition: two abutments of a fixed partial denture with an intermediary edentulous space.

The specimens to be tested were prepared over the apparatus, using the referred alloy, and consisted of metallic copings adapted to the abutments. They had two halves of a cylindrical bar with 4,0mm of diameter on both occlusal faces.

To make the comparison possible, two situations of groups were idealized:

- Group I:** vertical section of the joint with parallel faces and conventional soldering process (blow-torch).
- Group II:** vertical section of the joint with parallel faces and Tungsten inert gas soldering process.

Ten joints were soldered according the correspondent method for each process and the measuring of the distortions caused by two techniques was performed using the difference between sitting of copings before and after the soldering process.

After observation, the differences between the two groups were calculated and statistically analyzed.

The conclusions were:

- 1) The TIG process showed more joint contraction and consequently more dimensional alteration when compared to the conventional method (Blow-torch).
- 2) The TIG process allows a better sitting of the piece when compared to the conventional blow-torch soldering, since

the 100% amount of investment liquid be used for that type of soldering.

- 3) The TIG process can produce soldered joints with satisfactory resistance and precision, when used by the proper manner.