

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE REABILITAÇÃO ORAL

"DEFORMAÇÃO E FADIGA DE GRAMPOS CIRCUNFERENCIAIS, FUNDIDOS EM LIGAS METÁLICAS DE PRÓTESE"

TESE SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM CIÊNCIAS

ALCIO MEDEIROS MENDES

OUTUBRO - 1975

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS - ESPECIALIDADE DE PRÓTESE DENTÁRIA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

Prof. Dioracy Fonterrada Vieira
Orientador

Prof. Ademar Américo Madeira
Integrador do Curso

APRESENTADA PERANTE A BANCA EXAMINADORA
COMPOSTA DOS PROFESSORES:

A minha esposa e filhos

JANETE, RODRIGO e FELIPE

A meus pais

AGRADECIMENTO

O meu agradecimento especial ao Professor Dioracy Fonterrada Vieira, que com sua dedicação e sabedoria, tornou possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Lauro Caldeira de Andrada, chefe do Departamento de Reabilitação Oral, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao Professor Vinício Olinger, por ter-nos introduzido na carreira Universitária.

Ao Professor Eymar Sampão Lopes, da Universidade de São Paulo, pela análise estatística dos dados originais.

A outros, que nos auxiliaram direta ou indiretamente, o nosso muito obrigado.

SUMÁRIO

1- Capítulo 1 - INTRODUÇÃO 1

2- Capítulo 2 - REVISTA BIBLIOGRÁFICA 4

 2.1 - Alterações dimensionais e de fadiga em grampos circunferenciais de prótese removível em liga de cromo cobalto 6

3- Capítulo 3 - PROPOSIÇÃO 10

4- Capítulo 4 - MATERIAIS, APARELHOS, INSTRUMENTOS OU DISPOSITIVOS E MÉTODOS 12

 4.1 - Materiais 14

 4.1.1 - Resina acrílica 14

 4.1.2 - Silicone 14

 4.1.3 - PVC Rígido 14

 4.1.4 - Revestimento 14

 4.1.5 - Amianto 14

 4.1.6 - Ligas 14

 4.2 - Aparelhos 17

 4.2.1 - Aparelho de teste 17

 4.2.2 - Micrômetro 18

 4.2.3 - Microscópio 18

 4.2.4 - Paquímetro 18

 4.3 - Instrumentos e dispositivos 18

 4.3.1 - Espatulador 18

 4.3.2 - Forno 18

 4.3.3 - Centrífuga 18

 4.3.4 - Maçarico 18

 4.3.5 - Anel 18

 4.4 - Métodos 21

 4.4.1 - Técnica para obtenção dos corpos de prova 21

 4.4.2 - Medida e teste dos grampos de prova 24

5- Capítulo 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO 28

 5.1 - Deformação permanente verificada na extremidade livre, entre dois grampos de um mesmo lado 29

 5.2 - Deformação permanente observada no diâmetro de dois grampos circunferenciais de um mesmo lado 40

 5.3 - Número de movimentos de colocação de inserção e remoção necessários para promover a fratura dos grampos 44

6- Capítulo 6 - CONCLUSÕES 47

7- Capítulo 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50

QUADROS

1-	TABELA 5.1	- Liga da Jelenko, corpos de prova com grampos uniformes	30
2-	TABELA 5.2	- Liga da Wisil, corpos de prova com grampos uniformes	31
3-	TABELA 5.3	- Liga da Steldent, corpos de prova com grampos uniformes	32
4-	TABELA 5.4	- Liga da Jelenko, corpos de prova com grampos afilados	33
5-	TABELA 5.5	- Liga da Wisil, corpos de prova com grampos afilados	34
6-	TABELA 5.6	- Liga da Steldent, corpos de prova com grampos afilados:	35
7-	TABELA 5.7	- Análise de variância para os dados de afastamento das extremidades dos braços de um mesmo grampo duplo, sob ação de um movimento de abaixamento e elevação ...	36
8-	TABELA 5.8	- Contraste para médias de fator material (Tukey) para afastamento entre extremidades dos braços de um grampo, após um movimento de abaixamento e elevação	37
9-	TABELA 5.9	- Análise de variância para os dados de afastamento das extremidades dos braços de um mesmo grampo duplo, sob ação de 10 movimentos de abaixamento e elevação ..	38
10-	TABELA 5.10-	Contraste para médias de fator material (Tukey) para afastamento entre extremidades dos braços de um grampo, após 10 movimentos de abaixamento e elevação	39
11-	TABELA 5.11-	Análise de variância para os dados de aumento em diâmetro do grampo duplo, sob ação de um movimento de abaixamento e elevação	41
12-	TABELA 5.12-	Contraste entre médias do fator material (Tukey), para afastamento entre extremidades dos braços de um grampo, após um movimento de abaixamento e elevação	42
13-	TABELA 5.13-	Análise de variância para os dados de aumento em diâmetro, do grampo duplo, sob ação de 10 movimentos de abaixamento e elevação	43
14-	TABELA 5.14-	Número de movimentos de colocação e remoção "próteses", necessários para fratura de um dos grampos	45
15-	TABELA 5.15-	Análise de variância feita para os dados relativos a números de movimentos necessários para provocar fratura de um grampo duplo, para as ligas Wisil e Steldent	46

ILUSTRAÇÕES

- 1- FIGURA 2.1 - Tensões desenvolvidas nos braços de grampos com áreas de secções diversas, afilados ou não (concepção de J. M. Ney Company) 5
- 2- FIGURA 4.1 - Aparelho para ensaios de flexão de grampos de prótese removível: a motor; b alavanca para movimentar os grampos em direção vertical; c reostato para controlar a velocidade de movimento do braço b; d controlador de batidas; e dispositivo de fixação dos grampos; f base dos postes simuladores de dentes 14
- 3- FIGURA 4.2 - Base de suporte dos postes; estes têm esferas na extremidade superior, que simulam a coroa de um dente A; em B vê-se os grampos surpreendidos em movimento 15
- 4- FIGURA 4.3 - Anéis de P.V.C. rígido, fixos a uma lâmina de cera de área de secção uniforme: a grampo de secção uniforme; b grampos afilados 18
- 5- FIGURA 4.4 - Molde de silicone, para a construção dos padrões de "Duralay" para as fundições .. 19
- 6- FIGURA 4.5 - Os grampos já ultrapassaram as "coroas", em movimento descendente. a grampos; b esferas simulando as "coroas" retentoras; c dispositivo de fixação "prótese" com dois grampos duplos 21
- 7- FIGURA 4.6 - Palmer usado para medir o diâmetro externo dos grampos 22
- 8- FIGURA 4.7 - Forma dos grampos empregados: a de secção uniforme; b de secção afilada 23
- 9- FIGURA 4.8 - Microscópio comparador usado para medir o afastamento da extremidade dos grampos ao passarem pelo equador das "coroas" ... 25

RESUMO

Para termos condições de testar alterações dimensionais e fadiga em grampos circunferenciais de "Prótese Removível", com liga de cromo cobalto, foi necessário a construção de um aparelho de testes, suficientemente robusto, para fornecer dados relativos a fadiga dos mais diversos materiais.

O teste de fadiga consiste em passar um grampo circunferencial por sobre postes de prova, em formato de esfera, de diâmetro um pouco maior do diâmetro do grampo, promovendo neste um afastamento em suas extremidades ao passar o equador dos postes de prova. Neste trabalho foram utilizadas tres ligas: Steldent, Wisil e Jelenko. Os corpos de prova foram confeccionados em Duralay num total de sessenta, sendo vinte para cada liga, destes vinte corpos de testes, dez eram grampos circunferenciais de pontas afiladas e dez grampos com espessura uniforme em toda a circunferencia.

Inicialmente, foram medidas para cada grampo o diâmetro externo com micrômetro Palmer e a abertura entre as pontas com microscópio comparador. Foram feitas com os dois aparelhos onze medidas indo de zero a dez. Após este teste inicial o aparelho foi ligado em velocidade constante até a fratura do metal.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

1. - Afastamento das extremidades de dois braços de um grampo duplo:

1.1. - O primeiro movimento de colocação e remoção do grampo provocou uma deformação permanente diversa para os tres materiais testados: maior para as ligas Jelenko e Steldent (não estatisticamente diferentes entre si), e menor para a liga Wisil (estatisticamente diferente das outras duas).

1.2. - Os tipos de grampos e a interação destes com o fator material não foi significante, no caso do primeiro movimento de colocação e remoção.

1.3. - Os movimentos equivalentes a dez colocações e remoções sucessivas do grampo provocaram uma deforma-

ção permanente diversa para os tres materiais testados; foi maior para a liga Steldent e igual para as ligas Jelenko e Wisil.

1.4. - Os tipos de grampo e a interação destes com o fator material não foram significantes para a deformação ocorrida do primeiro para o décimo movimento de colocação.

2. - Aumento no diâmetro equivalente aos dois braços de um grampo duplo:

2.1. - O primeiro movimento de colocação e remoção do grampo provocou um aumento no diâmetro dos grampos; os materiais comportaram-se diferentemente, a maior deformação tendo ocorrido com a liga Jelenko a menor com a liga Wisil, enquanto a liga Steldent apresentou um valor intermediário.

2.2. - Os grampos de espessura uniforme apresentaram maior deformação do que os grampos afilados, após esse primeiro movimento.

2.3. - A interação material tipo de grampo não apresentou diferença significativa no aumento do diâmetro dos grampos em consequência de um movimento de colocação e remoção.

2.4. - A colocação e remoção do grampo, do primeiro ao décimo movimento, provocou aumento de diâmetro que não foi estatisticamente diferente para os fatores estudados.

3. - O número de colocações e remoções sucessivas dos grampos, para promover fratura, foi diferente conforme os diversos fatores estudados:

3.1. - Foi maior para a liga Jelenko e menor para a liga Wisil; a liga Steldent sob este aspecto apresentou resistência à fratura por fadiga um pouco maior que a Wisil.

3.2. - Os grampos de área de secção ou diâmetro uniforme apresentaram resistência a fadiga menor do que os de diâmetro afilado.

3.3. - Houve diferença significativa para a interação material e tipo de grampo, no caso das ligas Wisil e Steldent.

ABSTRACT

In order to have the optimal conditions for testing dimensional alterations and fatigue of "Removable Prothesis" circumferential clamps with a Chromium-Cobalt alloy, it was necessary for us to create and actually make a testing apparatus which would be strong enough to furnish us exact data about the levels of fatigue in several different materials

The fatigue test consists of passing a circumferential clamp on spherical test poles. Their diameter is a trifle larger than the diameter of the clamps, which forces the two ends of the clamps to be a little wider apart when they cross the equator of the test poles. For those tests, we used three alloys: Steldent, Wisil and Jelenko. The sixty test samples were made of Duralay, twenty for each type of alloy. From each of those twenty test samples, ten clamps were circumferential with sharp edges, and ten clamps had a uniform thickness all around their length.

As a first step, we measured the external diameter of each clamp with a Palmer micrometer, and the opening between their extremities with a comparing microscope. Eleven measurements were taken with both equipments, on a zero-to-ten scale. After that first test, the apparatus was switched on at a constant velocity, until we had metal fracture.

The results thus obtained were the following:

1. - Opening of the extremities of two arms of a double clamp:

1.1. - The first motion to place and remove the clamp caused a permanent deformation, but a different one for each type of tested material: it was a greater distortion with Jelenko and Steldent alloys (not statistically different between themselves) and a minor deformation with Wisil (statistically different from the other two alloys).

1.2. - The types of clamps and their interaction with the material factor was not significant enough to determine the deformation which occurred from the first to the

tenth placing motion.

1.3. - The motions equivalent to ten successive placings and removals of the clamp caused a permanent deformation which was different for the three tested materials: it was greater for the Steldent and equal for both Jelenko and Wisil alloys.

1.4. - The types of clamps and their interaction with the material factor was not significant enough to determine the deformation which occurred from the first to the tenth placing motion.

2. - Diameter increase, equivalent to both arms of a double clamp:

2.1. - The first motion to place and remove the clamp caused an increase in clamp diameter; the materials behaved differently, with the greatest deformation occurring when we used Jelenko alloy; the least significant distortion was noticed with Wisil alloy, while Steldent presented an intermediate deformation rate.

2.2. - The clamps with a uniform thickness presented a greater deformation than the sharp ended ones, after that first motion.

2.3. - The material interaction and the type of clamp did not present a significant modification in the clamp diameter as a result of neither placing nor removal motions.

2.4. - The placing and removal of the clamp, from the first to the tenth motion, caused an increase in diameter which was not statistically different for the analysed factors.

3. - The number of successive placings and removals of the clamps, in order to have metal fracture, was always different, according to the analysed factors:

3.1. - That number was larger for the Jelenko, and smaller for the Wisil alloy; Steldent, under that aspects, presented a slightly greater resistance to fatigue fracture than Wisil.

3.2. - The section area clamps, or the uniform thickness ones, presented less resistance to fatigue than the sharp ended clamps.

3.3. - There was a significant difference, where material interaction and clamp type are concerned, from Wisil to Steldent alloys.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1 - I N T R O D U Ç Ã O

As ligas de cromo-cobalto foram introduzidas para uso odontológico em 1933, por ERDLE and PRANGE⁵ e PRANGE⁷; desde aquela época dificuldades várias têm sido encontradas no preparo de próteses com essas ligas e no seu uso; fraturas em grampos de prótese removível têm ocorrido, por exemplo, com certa frequência.

Isto pode ser devido a vários fatores, inclusive à fadiga da liga metálica que os constitui, fadiga esta que ocorre pelo trabalho constante de colocação e remoção da prótese, bem como pelas deformações que nesta devem ocorrer durante a mastigação. Uma parte do braço de um grampo é situada entre a linha equatorial do dente e o colo anatômico deste, melhor falando, ligeiramente abaixo daquela. Sendo assim, em cada movimento de colocação da prótese, ou de sua remoção, os grampos que rodeiam um dente sofrem uma deformação flexural, que lhes permitem passar sobre a linha equatorial, deformando-se elasticamente para, vencido este obstáculo, ajustarem-se à sua posição real em uma região do dente inferior a essa linha equatorial e, portanto, de diâmetro menor.

Espera-se que o grampo, bem concebido em seu desenho e dimensões, e fundido adequadamente, seja capaz de apresentar flexibilidade adequada, para resistir a essas deformações elásticas sem fraturar ou mesmo distorcer permanentemente. Sabe-se que isto é possível devido à resistência intrínseca do metal, à forma e dimensões da estrutura do grampo.

Entretanto, é comum observar-se fraturas desses grampos, devido a fatores diversos, tais como: inclusões de partículas estranhas no metal, resultantes do revestimento desgarrado do molde, porções de fundente, grânulos de sujeira, etc.; porosidade resultante da contração da fundição; estrutura cristalina inadequada (grãos cristalinos muito volumosos possibilitando fraturas intergranulares); encruamento consequente a eventuais e necessários ajustes dos grampos; e corrosão metálica.

Seja por fadiga, seja devido a essas irregularida

des, o fato é que as fraturas ocorrem com certa frequência nesses grampos.

Além da fratura, verifica-se com o uso da prótese a grampos e com o correr do tempo, que elas se tornam "folgadas" ou, tecnicamente falando, os grampos sofrem deformação plástica, permanente, com conseqüente perda do seu ajuste à coroa do dente respectivo, assim como da retenção da prótese removível, nas estruturas dentárias de suporte. O profissional é levado a realizar ajustes desses grampos, conformando-os e, pois deformando-os, o que faz com alicate, para que eles se ajustem aos dentes respectivos. Esse trabalho mecânico de dobrar, de ajustar, implica em um encruamento e em possibilidade de uma quebra prematura do grampo. E quanto mais numerosos esses ajustes maior o encruamento e, pois, a possibilidade de fratura.

Aqui aparece um problema importante, do ponto de vista das propriedades intrínsecas das ligas metálicas e de concepção estrutural da prótese removível. Qual a liga que melhores propriedades mecânicas apresenta para resistir a esse trabalho? Seja no uso da prótese, seja quando se procede a esses ajustes? Qual a melhor forma a ser atribuída a uma estrutura de prótese removível, para que ela resista melhor aos esforços que sobre ela atuam, em seu uso na boca do paciente? Qual o efeito das falhas estruturais, na durabilidade da prótese removível? Estas são, entre outras, algumas das perguntas que se pretende responder com a série de trabalhos de pesquisa que com este iniciamos.

C A P Í T U L O 2

REVISTA BIBLIOGRÁFICA

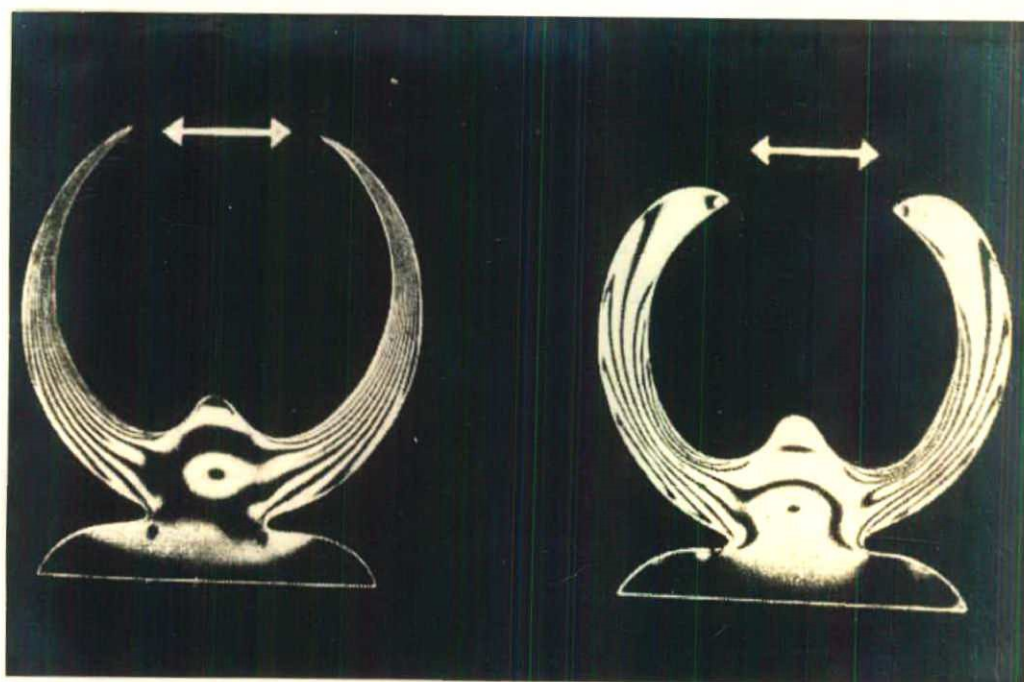


Figura 2.1 - Tensões desenvolvidas nos braços de grampos com áreas de secções diversas, afilados ou não (concepção de J.M. Ney Company).

2 - REVISTA BIBLIOGRÁFICA2.1. - Fadiga em grampos de prótese removível com ligas de Cromo-Cobalto

Muito pouco relativo diretamente à fadiga em grampos de prótese removível tem sido feito até o momento, mas nota-se uma tendência dos pesquisadores em apontarem a fadiga, como uma das causas principais de fracasso ou fratura de grampos de tais próteses.

COMPANY NEY, J.M.⁴ (1954) fez um exame, pela fotoelasticidade, dos esforços desenvolvidos em grampos, utilizando para isso de réplicas destes, com dimensões maiores que as habituais, em baquelite transparente e com duas formas diversas: primeiro, grampos com extremidades afiladas e, segundo, com espessura constante, como é mostrado na fig. 2.1; esses modelos sofreram a ação de tensões de tração, tendentes a afastar suas pontas, com os seguintes resultados, segundo essa publicação: "... o grampo da direita fig. 2.1 certamente quebrará quando em uso, se houver muito esforço, conforme indica a concentração das estrias de concentração de esforços nos ombros. O erro do desenho reside, evidentemente, no fato dos braços do grampo serem da mesma espessura em toda a sua extensão; não sendo afilado, falta-lhe a desejada flexibilidade". Sobre o grampo da esquerda é dito o seguinte: "... em um grampo corretamente desenhado nota-se o suave afilamento dos seus braços, desde a área de apoio oclusal até as pontas. Pela distribuição uniforme do esforço ao longo da estrutura a possibilidade de fratura é reduzida ao mínimo".

OSBORNE⁶ (1966) fala o seguinte sobre problemas clínicos relacionados com a fratura da prótese parcial removível: "... primeiro a possibilidade de fratura dos braços dos grampos, em seguida a períodos variáveis de desgaste; em segundo lugar a dificuldade, se não a impossibilidade de reparar essa fratura; em terceiro lugar a possibilidade de deformação plástica do braço de um grampo, levando-o a não fixar-se na retenção da coroa dentária, com perda consequente, da

retenção positiva da prótese; e em quarto lugar o perigo de recolocá-lo em posição, depois de ocorrida a deformação".

Mais adiante afirma esse autor que a análise de trinta e uma fraturas verificadas clinicamente, levou à seguinte observação: "... aproximadamente cinquenta por cento dessas peças apresentaram defeitos que levariam quase certamente à fratura. Oclusões de gases estiveram presentes em seis fundições e porosidade por contração localizada em quatro delas". "... Outras cinco fundições apresentaram estruturas tais que já sugeriam que suas propriedades físicas seriam baixas e, assim, seriam parcialmente responsáveis por suas falhas". "... Permaneciam cerca de cinquenta por cento de braços de grampos fraturados, para os quais nenhum defeito estrutural óbvio poderia ser responsabilizado. É possível que a fadiga flexural da liga possa ter sido a causa, como também a variação nos tamanhos dos grãos cristalinos da liga, desde a ponta do grampo até a sua união com a base, onde os grãos são maiores". "... Um braço de grampo com secção transversal uniforme, como a de um fio trefilado proporcionará tamanho de grão uniforme, podendo ser considerada uma escolha melhor desde que se aceite como possível a ocorrência de fratura". Verifica-se portanto aqui, discordância entre esta afirmação e aquela contida no livro da COMPANY NEY, J.M.⁴, já citado.

BOMBONATTI, GARLIPP & BARROS³ (1968), tendo como base estudos experimentais afirmaram: "dentre as propriedades que podem ser afetados por uma liga que sofreu mais de uma fusão está, indubitavelmente, a de sua resistência a flexões sucessivas. Toda peça protética, odontológica, removível está naturalmente sujeita a tal processo, seja porque necessita de ajustes antes de ser entregue ao uso, seja porque o próprio uso a obrigue a tais movimentações repetidas, seja ainda porque, em virtude de deformações permanentes que ocorrem mais especificamente nos grampos e devidas ao uso normal, necessita de reajustes periódicos. Em qualquer dos casos, as movimentações a que são submetidas, certas partes componentes da estrutura, são preferentemente de flexão, estando assim estas partes, sujeitas a flexões sucessivas". Os autores dizem, mais

adiante: "A indicação da tensão constante, necessária para causar uma deformação permanente, denomina-se limite de escoamento; como consequência desta propriedade uma deformação permanente poderá ocorrer em um grampo de prótese parcial removível independentemente de movimentação. Sabe-se também que as ligas de cromo-cobalto sofrem encruamento em consequência do trabalho mecânico a frio produzido por flexões sucessivas, conforme sucede com grampos de um aparelho removível. Em consequência deste fenômeno, a adaptação dos grampos é difícil dentro de limites precisos de segurança. Mesmo não fraturando-se durante o ajuste, um grampo poderá falhar possivelmente em uso, devido ao encruamento recebido anteriormente. Por isso, um razoável aumento da ductilidade poderá diminuir o risco desta falha. É aceitável pois que parte da resistência seja sacrificada em favor da ductilidade".

ASGAR, TECHOW & JACOBSON ¹ (1970), diminuíam o conteúdo de molibdênio e carbono de ligas de Cr-Co-Ni, obtendo alto alongamento, alta resistência, limite à tração e dureza relativamente menor, com o que poderá obter grampos com maior durabilidade, mais fáceis de polir, acabar, e ajustar mecanicamente, além de provocar menor desgaste por abrasão dos dentes.

RÜDIGER, HOFFMANN & HIRSCHFELD ⁸ (1970) estudaram várias ligas de cromo-cobalto, tendo verificado que uma liga por nome Crutanium, que contém porcentagens variáveis de titânio, por eles testada, demonstrou apresentar boa ductilidade e alta flexibilidade, além de permitir trabalho mecânico a frio, para acerto e ajuste, de acordo com as necessidades.

BATES & SCOTT ² (1973), utilizando uma máquina para testar a fadiga de corpos de prova chegaram à conclusão de que: "Evidências clínicas sugerem que as falhas nas próteses parciais são devidas a fundições defeituosas; mas, alguma evidência existe para mostrar que a fadiga não pode ser eliminada como uma prova de fracasso". No seu trabalho, esses autores concluem que: "Os resultados sugeriram que a principal razão das falhas estava nas fundições imperfeitas, mas estes estudos, usando microscópio eletrônico de varredura (SEM), sugere

riram que estudos posteriores sobre a superfície das fraturas são agora necessários, antes que qualquer conclusão definitiva seja alcançada".

Verifica-se, pois, que existe preocupação quanto à necessidade de readaptação de grampos deformados plasticamente em uso, bem como pela fadiga, pois isso provoca fratura desses grampos resultante de solicitações repetidas e inúmeras, às quais o grampo é sujeito, durante o seu uso. A ausência de trabalhos mais conclusivos sobre o assunto, no levantamento bibliográfico que nos foi possível realizar, levou-nos às inquietações que resultaram à proposição do capítulo seguinte.

CAPÍTULO 3

PROPOSIÇÃO

3 - PROPOSIÇÃO

Tendo em vista o estudo feito e descrito no capítulo anterior, parece-nos interessante estudar a influência dos fatores tipos-de-liga (material) e forma dos braços de um grampo duplo, bem como de interação entre eles, em relação aos seguintes fatores:

3.1. - Afastamento das extremidades dos dois braços de um grampo duplo, após o primeiro movimento de colocação e remoção, e do primeiro ao décimo movimento de idêntica manobra;

3.2. - Aumento no diâmetro equivalente aos braços de um mesmo grampo, resultante de um movimento de colocação e remoção do mesmo, bem como do primeiro ao décimo movimento de mesmo tipo;

3.3. - Número de colocações e remoções sucessivas dos grampos, necessário para promover sua fratura.

C A P Í T U L O 4

MATERIAIS, APARELHOS,
INSTRUMENTOS OU DISPOSITIVOS E
MÉTODOS DE TRABALHO

4 - MATERIAIS, APARELHOS, INSTRUMENTOS OU DISPOSITIVOS E MÉTODOS

4.1. - MATERIAIS

4.1.1. - Resina Acrílica ativada quimicamente, marca Duralay, da Reliance Dental MFG. Co., Chicago, USA, para confecção dos padrões para fundição.

4.1.2. - Silicone, da marca Clássico, indústria brasileira.

4.1.3. - Cilindro de PVC rígido, da marca TIGRE, indústria brasileira, o qual foi torneado para confecção dos corpos de prova.

4.1.4. - Revestimento para fundição de ligas de alta fusão, Multi-Vest, da Ranson & Randolph Company, Toledo, Ohio, EEUU.

4.1.5. - Amianto em tiras, usado para revestir internamente o anel de fundição, sem marca.

4.1.6. - Foram usadas tres ligas de cromo-cobalto:

- a primeira, marca Steldent, da Eriez P.M.M., indústria brasileira;
- a segunda, marca Wisil Chrom-Kobalt-Molybdän, da Fried.Krupp - Alemanha Ocidental;
- a terceira liga, da marca Jelenko, J.F. Jelenko & Co., INC. New Rochelle, N.Y., USA.

Foram feitos vinte corpos de prova de cada liga, sendo que dez foram grampos de área de secção uniforme; e dez grampos com pontas afiladas, perfazendo um total de sessenta corpos de prova (fig. 4.1).

4.1.7. - Outros materiais foram empregados: água destilada, etc., e que serão mencionados no decorrer desta exposição.

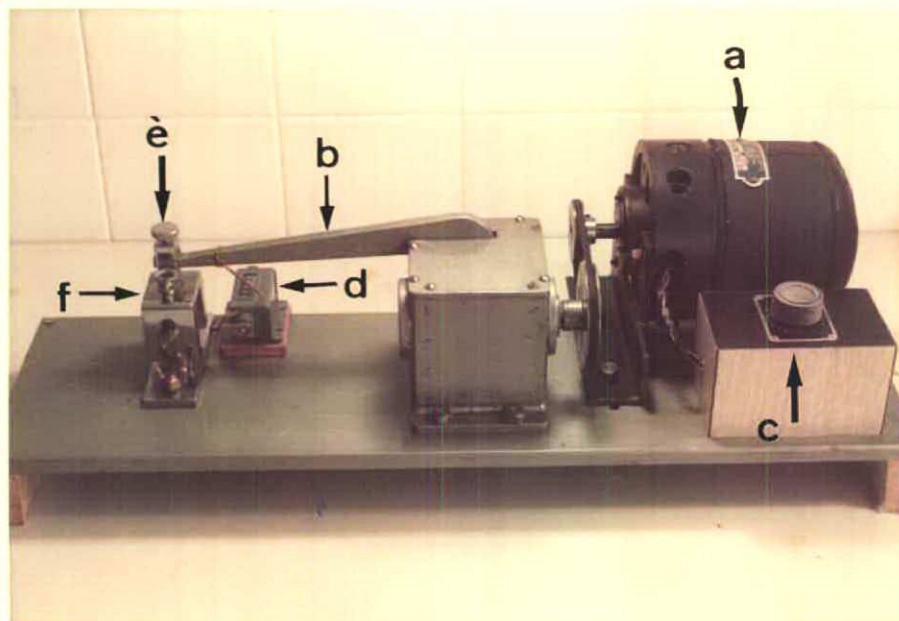


Figura 4.1 - Aparelho para ensaios de flexão de grampos de prótese removível: a motor; b alavanca para movimentar os grampos em direção vertical; c reostato para controlar a velocidade de movimento do braço b; d controlador de batidas; e dispositivo de fixação dos grampos; f base dos postes simuladores de dentes.

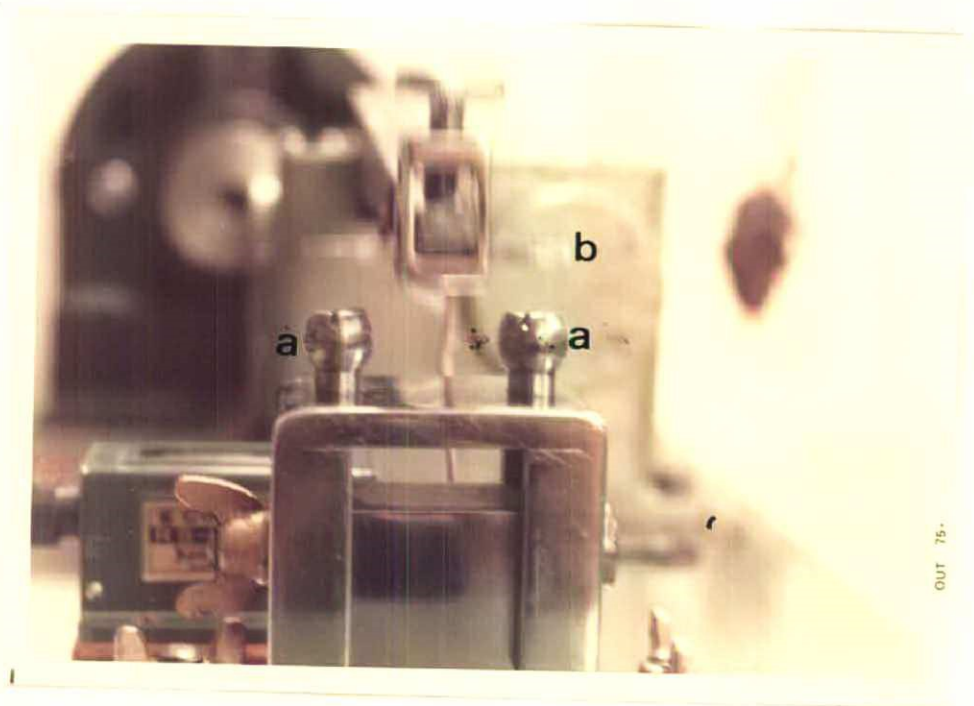


Figura 4.2 - Base de suporte dos postes; estes têm esferas na extremidade superior, que simulam a coroa de um dente A ; em B vê-se os grampos surpreendidos em movimento.

4.2. - APARELHOS

4.2.1. - Aparelho para aplicação de tensões de flexão à estrutura dos grampos de prótese parcial removível (fig. 4.1).

A inexistência de um aparelho de ensaios, comercial, que pudesse ser aplicado no caso, e, capaz de ser adquirido comercialmente, obrigou que se realizasse o projeto de construção de uma máquina especial, que permitisse a aplicação de tensões cíclicas de abertura e fechamento de um grampo, tendendo a abri-lo e afastá-lo em suas extremidades, num verdadeiro esforço, em que a base do grampo é mantida fixa e firme ao corpo de uma estrutura maior, e, as suas extremidades são livres para sofrer tensões de flexão e abertura. Postes contendo uma esfera na sua extremidade superior, (figs. 4.1 f e 4.2) representam a coroa de um dente, suporte da prótese, com 10 mm de altura e 12 mm de diâmetro, representaram esquematicamente os dois elementos de suporte, tendo entre si um espaço equivalente a dois elementos dentários perdidos (fig. 4.2).

A "prótese removível" foi representada por uma barra de secção retangular (lâmina com 13 mm de comprimento; 7 mm de largura e de 3 mm de espessura), nas extremidades da qual foram fixos grampos duplos, um de cada lado (fig. 4.7).

O diâmetro interno dos grampos, assim como o externo das esferas foram os mesmos, porém, a distância entre os centros geométricos de cada um dos grampos opostos foi de 2 mm menor que a distância entre os centros geométricos das esferas dos postes. Uma alavanca em cuja extremidade foi fixa a estrutura metálica (fig. 4.1 b) da "prótese removível" permitiu, com movimentos verticais de sua extremidade colocar ou remover a "prótese removível" sobre os "dentes de suporte", sob pressão; em consequência, os grampos sofriam uma abertura de suas extremidades, no momento em que ultrapassavam o equador das esferas, devido àquela diferença de distância entre as extremidades dos grampos e as das duas esferas; isto provocava uma tensão de flexão em cada um deles (fig. 4.5). Foi co

locado um óleo lubrificante entre o poste e os grampos para evitar aquecimento. Um motor bifásico de 0,5 HP permitiu a movimentação da alavanca de movimento da prótese removível (fig. 4.1 a), assim como um dispositivo elétrico - reostato (fig. 4.1 c) permitia controlar a frequência de aplicação destas tensões na unidade de tempo.

4.2.2. - Um micrômetro tipo "PALMER" marca Nipon Sokutei Kogu NFG Co. Ltd., permitiu medir alterações no diâmetro externo do grampo; suas medidas foram feitas com precisão de 0,1 mm (fig. 4.6).

4.2.3. - Um microscópio comparador marca Gaertner da firma Gaertner Scientific Corporation, Chicago, USA, com precisão de 0,01 mm foi usado para medir alterações na extremidade dos grampos (fig. 4.8).

4.2.4. - Paquímetro marca Nassi Nichtros-tend Gehartet, Germany, para facilitar a centralização correta das "próteses removíveis", que permitia leituras com precisão de 0,1 mm.

4.3. - INSTRUMENTOS E DISPOSITIVOS

4.3.1. - Espatulador mecânico a vácuo de marca Whip-Mix-Corporation, Louisville, Kentucky, USA.

4.3.2. - Forno de eliminação de cera marca Bravac, da firma Bravac, indústria brasileira.

4.3.3. - Centrífuga marca C.D.L. DENTAL CAMPINEIRA LTDA., indústria brasileira.

4.3.4. - Maçarico para fundição do metal marca National, de fabricação japonesa.

4.3.5. - Anel para fundição, em aço, com espessura de 0,2 mm e 65 mm de diâmetro interno.

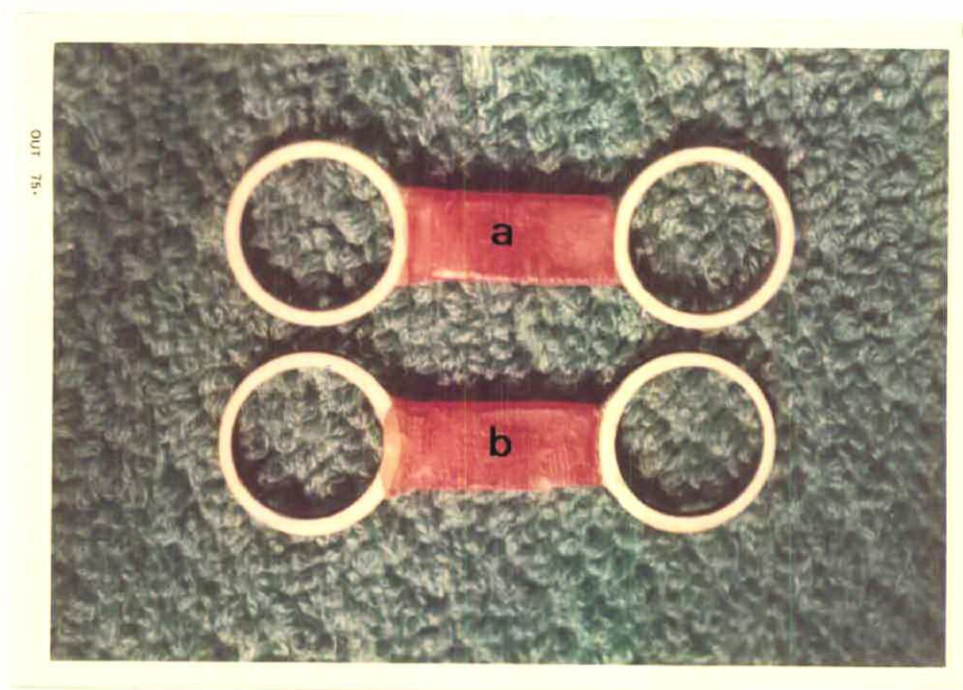


Figura 4.3 - Anéis de P.V.C. rígido, fixos a uma lâmina de cera de área de secção uniforme: a - grampo de secção uniforme; b - grampos afilados.

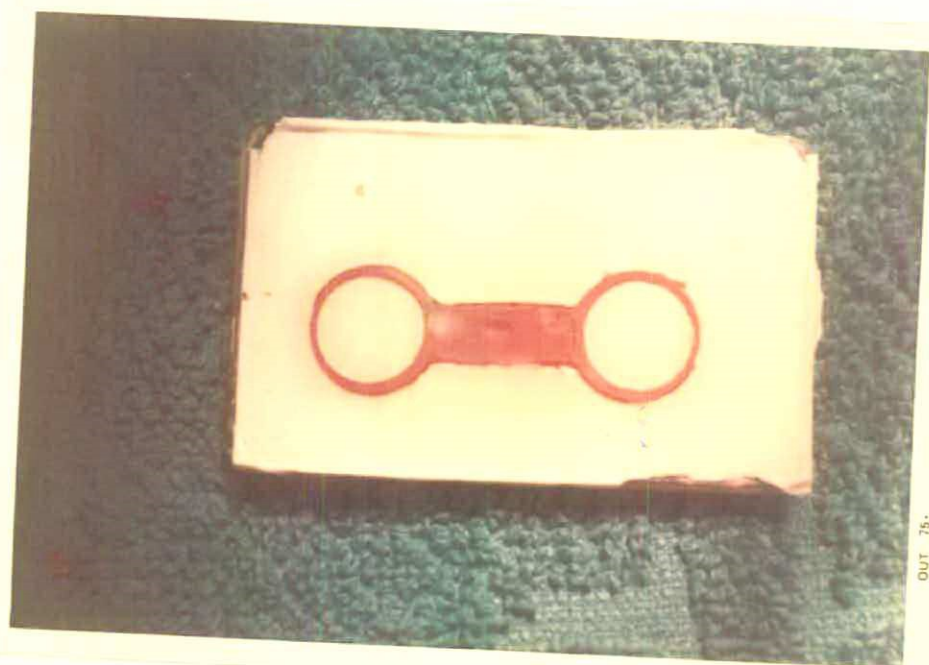


Figura 4.4 - Molde de silicone, para a construção dos padrões de "Duralay" para as fundições.

4.4. - MÉTODOS

4.4.1. - Técnica para obtenção dos corpos de prova

Os postes representativos das "coroas dos dentes" (fig.4.2) de suporte foram compostos por duas esferas em suas extremidades, com 10 mm de altura e 12 mm de diâmetro; foram elas rosqueadas em uma base de aço e ficavam equidistantes entre si por uma distância de 20 mm. Tendo por padrão os postes de prova, partimos para a confecção dos corpos de prova.

Inicialmente, foram torneados, em PVC rígido, dois tipos de anéis: o primeiro com espessura uniforme, de 2 mm em toda a sua circunferência (fig. 4.3). O segundo com espessura não uniforme: 2,5 mm de um lado e decrescendo progressivamente até atingir 1,5 mm do lado oposto; e o diâmetro interno desses dois padrões foram iguais ao diâmetro externo das esferas representantes dos dentes de suporte.

Estes anéis foram presos entre si, dois a dois na extremidade de uma barra de acrílico de 13 mm de comprimento, 7 mm de largura e 3 mm de espessura (fig.4.3). Na obtenção de corpos de prova com anéis de área de secção variável tomamos o cuidado de colocar a porção mais espessa dos anéis unidas, a essa barra. Estes dois tipos de corpos de prova foram colocados sobre uma placa de vidro e moldados com Silicone marca Clássico, obtendo-se, assim, a forma negativa padrão (fig. 4.4). Com esses dois negativos foram duplicados sessenta corpos de prova em Duralay, fazendo-se verter o material fluído sobre os moldes e colocando-se em cima uma placa de vidro. A fundição tendo como padrão os moldes de Duralay foi efetuada da forma convencional. Os corpos de prova, em grupos de tres, foram colocados em uma base formadora de cadinho, com o cuidado de fazer os condutos de alimentação bem grossos, para facilitar o escoamento do metal fluído, durante a centrifugação. Sobre esta base foi colocado o anel de fundição, revestido internamente com amianto. Sobre este anel a mistura revestimento água, espatulada a vácuo, foi vertida no anel e nele incluído o pa-

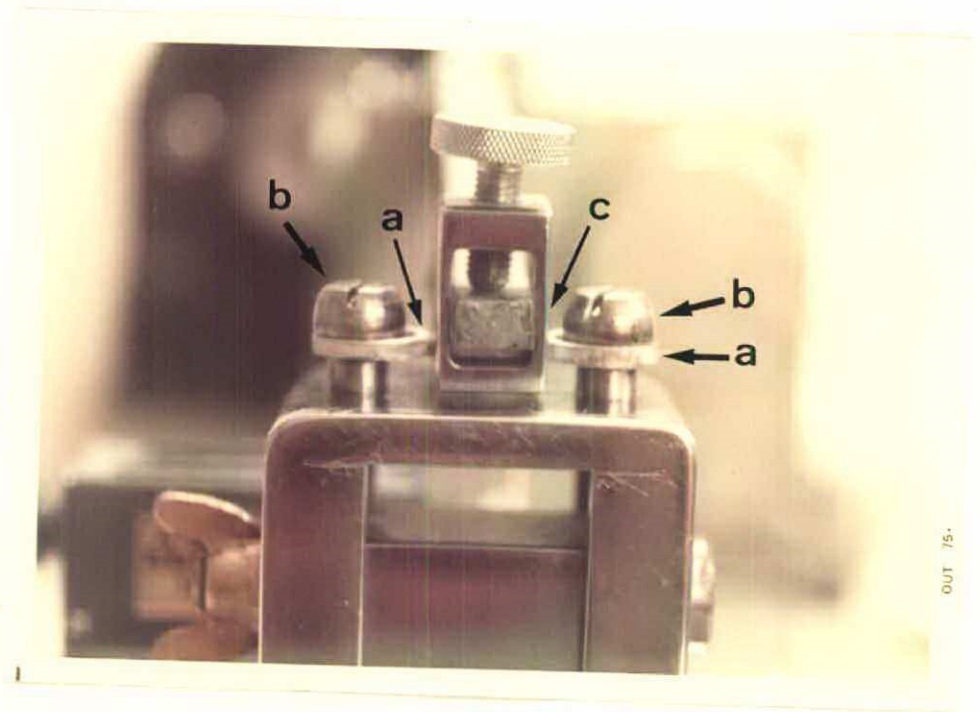


Figura 4.5 - Os grampos já ultrapassaram as "co-roas", em movimento descendente. a - grampos; b - esferas simulando as "co-roas" retentoras; c - dispositivo de fixação da "prótese" com dois grampos duplos.

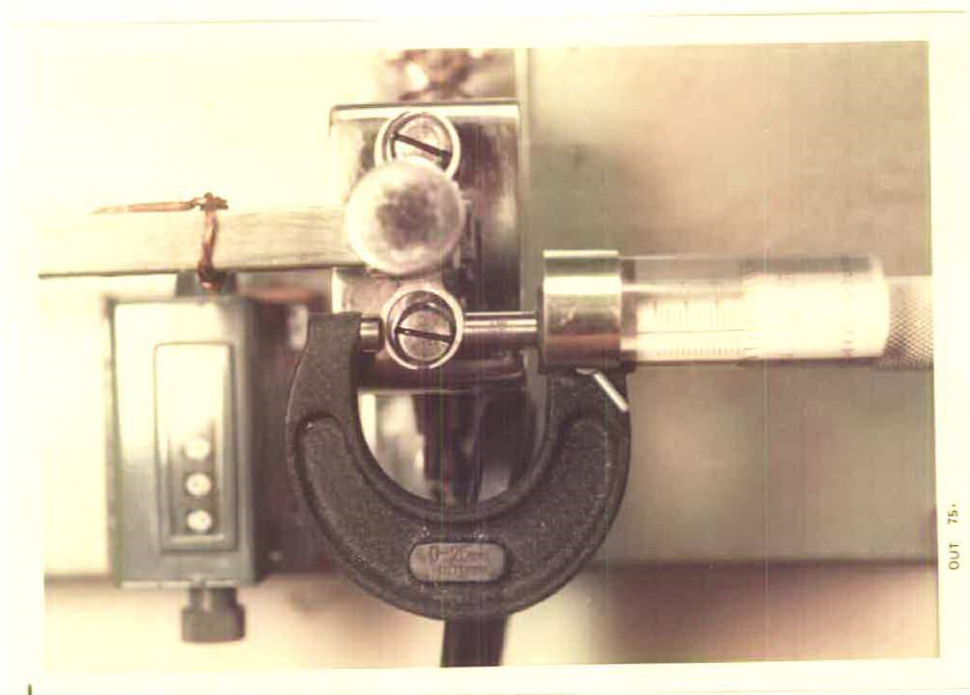


Figura 4.6 - Palmer usado para medir o diâmetro ex
terno dos grampos.

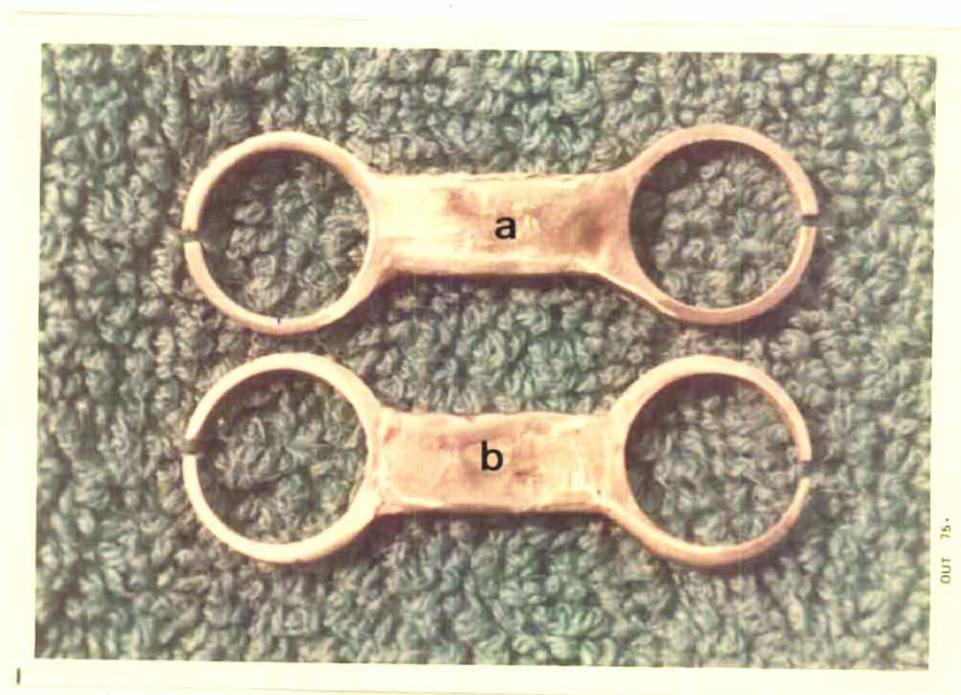


Figura 4.7 - Forma dos grampos empregados: a de secção uniforme; b de secção afilada.

drão em "Duralay"; depois da presa do revestimento foi colocado em um forno de eliminação de cera e elevou-se a temperatura gradativamente até atingir 850°C permanecendo nesta temperatura durante 30 minutos; após este tempo foi feita a fundição com a liga desejada. As estruturas obtidas foram separadas dos canais de alimentação e limpas em uma solução de uma parte de ácido fluorídrico por duas partes de ácido nítrico, na concentração 50%, durante 10 minutos.

No total foram fundidos mais de oitenta corpos de prova, mas devido a problemas de falhas de fundição foram selecionados sessenta.

Depois de prontas, as próteses de prova tiveram o anel de suas extremidades seccionado, com um disco de carborundum, estando suas estruturas prontas para serem testadas como mostra a fig. 4.1.

4.4.2. - Medida e teste dos grampos de prova

O corpo de prova foi preso na extremidade do braço da máquina de ensaio, por um sistema de presilha, sob pressão, para obtermos uma melhor fixação (fig. 4.5.c). Este braço permite movimentos no sentido vertical capazes de promover a flexão dos grampos.

Os postes de prova alinhados no braço permitiam movimentações no sentido vertical e longitudinal, a fim de se poder localizar, da melhor maneira possível, os corpos de prova. Depois de ajustada a base, na altura desejada, o corpo de prova foi colocado entre a presilha e o braço da alavanca, centralizado diretamente sobre os postes com o auxílio de um paquímetro, para obtermos a melhor localização possível; somente depois desta operação é que o parafuso (fig. 4.5) foi apertado, para resistir às numerosas solicitações do aparelho. Nos grampos foram feitas as seguintes medidas: com o micrômetro Palmer foi medido o diâmetro externo dos grampos (fig. 4.6) e com o microscópio comparador foi medida a distância entre as pontas dos grampos (fig. 4.8). Estas duas medidas foram feitas antes da primeira flexão, e, consideradas como diâmetro externo inicial e abertura inicial das extremidades dos grampos. A seguir realizava-se a primeira flexão. Ao ocorrer, ela promovia o esforço, e uma deformação do grampo, em magni-

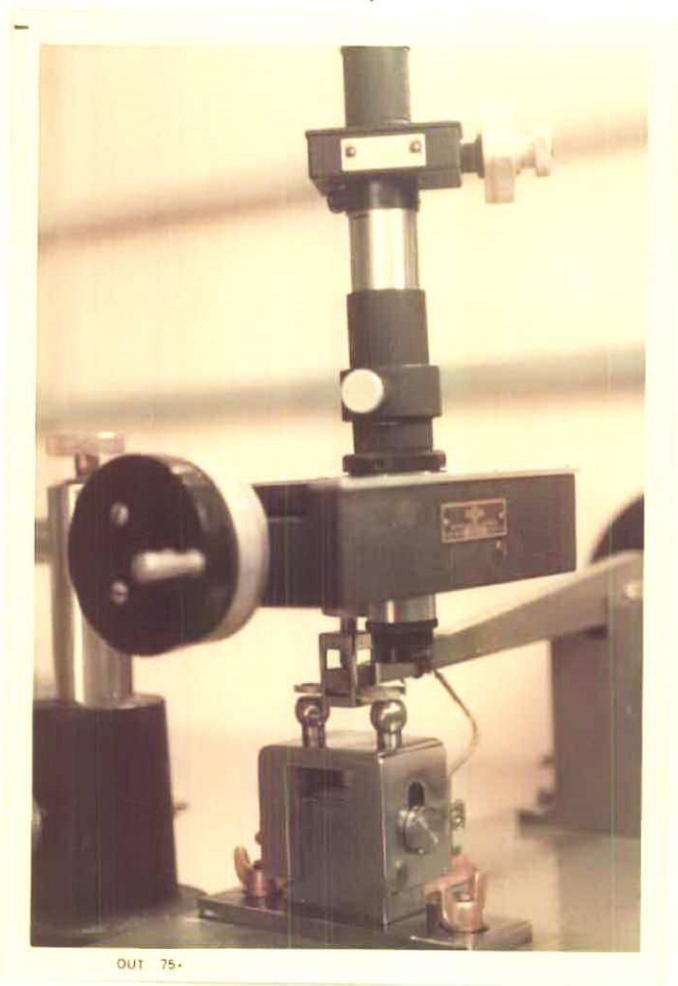


Figura 4.8 - Microscópio comparador
usado para medir o afastamento da extremidade dos grampos, ao passarem pelo equador das "coroas" fig. 4.4.

tude suficiente para provocar sua deformação permanente: suas extremidades livres afastavam-se e seu diâmetro aumentava; essa deformação, em termos de diâmetro externo e afastamento das extremidades livres, foram medidas após um abaixamento e ascensão da prótese, que nisso sofria dois esforços de afastamento dos grampos, ao ultrapassar o equador do dente no movimento de descida e no movimento de elevação. As medidas de alteração de diâmetro eram feitas após um, dois, tres, até dez movimentos de abaixamento e elevação dos grampos. Feito isso, a máquina era acionada em movimento contínuo, oitenta flexões por minuto, para que a ascensão e abaixamento, ou seja a inserção e a remoção da prótese removível, fossem feitos por um número de vezes suficiente para promover a ruptura do grampo; marcava-se o número de movimentos necessários para a fratura de cada um dos corpos de prova, com o contador de batidas (fig. 4.2d). Os grampos tiveram duas formas distintas, conforme já foi explicado; e as ligas estudadas foram de tres marcas comerciais diferentes. Isto constituiu em esquema fatorial do tipo: $2 \times 3 = 6$. Como foram feitas 10 réplicas de cada condição experimental, tínhamos $6 \times 10 = 60$ corpos de prova. Para cada corpo de prova foram determinados:

- Diâmetro externo dos grampos circunferenciais antes de sofrer flexão e após 10 movimentos de abaixamento e ascensão, num total de 11 medidas de diâmetros para cada réplica, em cada condição experimental num total de 660 medidas de diâmetro com o Palmer.

- A medida entre os extremos livres de cada dois grampos foi feita antes dele sofrer flexão e após o abaixamento e levantamento (inserção e remoção) por 10 vezes, num total de 11 medidas para cada grampo. Onze medidas para cada um dos 60 corpos de prova perfaziam um total de 660 medidas de alteração nessa abertura, feitas com o microscópio comparador.

- Para cada corpo de prova foi determinado ainda o número de colocações seguidas de remoções, necessário para promover a fratura do grampo, o que proporcionava um número para cada um dos 60 grampos. Os dados originais constam das tabelas 5.1 a 5.6.

É de notar que para cada prótese removível só foram determinados a deformação e fratura de um par de grampos.

Os resultados de alteração em diâmetro, de abertura das extremidades livres dos grampos e de número de flexões necessárias para proporcionar a fratura dos corpos de prova foram submetidos a análise de variância, para determinar a eventual significância dos fatores estudados a respectivos níveis, assim como interações entre eles. Quando necessário foi realizado o teste de "Tukey" para contrastes.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 5.1 a 5.6 apresentam os resultados originais que, analisados estatisticamente, permitiram os resultados discutidos a seguir:

5.1. - Deformação permanente verificada na extremidade livre, entre dois grampos de um mesmo lado

Foi feita a análise de variância para a diferença nas distâncias entre essas extremidades livres, distâncias medidas antes e após um movimento de colocação e remoção da prótese. Os resultados dessa análise de variância são apresentados na tabela 5.7, na qual se pode verificar significância para o fator material. A tabela 5.8 mostra que, as médias de deformação foram significativamente maiores para o material Jelenko do que para o material Wisil, assim como o material Steldent apresentou maior deformação permanente, medida pelo afastamento entre as extremidades livres dos grampos do que para o material Wisil. As ligas da Jelenko e Steldent não apresentaram deformação significativamente diferente entre si.

A análise de variância feita para as diferenças entre as extremidades livres dos grampos, do primeiro ao décimo movimento de colocação e remoção da prótese, é representada pela tabela 5.9 onde se nota também significância para o fator material. A tabela 5.10 mostra que esta significância é devida ao fato de a liga Steldent ter apresentado, após os dez movimentos de abaixamento e ascensão, deformações maiores que as ligas Jelenko e Wisil, enquanto estas não apresentaram diferenças entre si.

Tabela 5.1 - LIGA DA JELENKO - CORPOS DE PROVA COM GRAMPOS UNIFORMES.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	13,86	0,70	13,58	1,01	13,75	0,58	13,60	0,84	13,64	0,54
1	14,19	1,87	14,31	2,67	14,14	2,67	14,13	2,60	14,27	2,69
2	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
3	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
4	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
5	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
6	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
7	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
8	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
9	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
10	14,19	1,94	14,31	2,67	14,15	2,68	14,14	2,65	14,31	2,86
Fraturou	55.324		58.472		67.002		62.302		59.320	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	13,67	0,88	13,76	0,60	13,68	1,05	13,76	0,61	13,59	0,64
1	14,33	2,86	14,09	1,77	14,42	2,72	14,15	2,64	14,19	2,79
2	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
3	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
4	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
5	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
6	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
7	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
8	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
9	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
10	14,33	2,86	14,09	1,82	14,42	2,72	14,16	2,65	14,29	2,87
Fraturou	51.286		50.306		68.309		45.101		63.029	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.1 foi desmembrada.

Tabela 5.2 - LIGA DA WISIL - CORPOS DE PROVA COM GRAMPOS UNIFORMES.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	13,90	0,87	13,73	0,84	13,75	0,94	13,76	0,74	14,41	0,84
1	14,19	1,87	13,93	1,80	14,09	2,55	13,92	1,94	14,52	1,16
2	14,24	1,89	13,97	1,81	14,09	2,55	13,93	1,94	14,53	1,15
3	14,23	1,96	13,97	1,84	14,10	2,59	13,95	1,95	14,54	1,16
4	14,25	1,97	14,90	1,83	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
5	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
6	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
7	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
8	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
9	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
10	14,24	1,97	14,98	1,84	14,11	2,62	13,96	1,96	14,54	1,16
Fraturou	3.390		3.770		7.800		4.900		4.603	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,06	0,72	13,79	0,80	13,70	0,77	13,65	0,84	14,09	0,74
1	14,15	1,52	14,12	1,92	14,00	1,77	13,99	2,35	14,17	1,54
2	14,16	1,52	14,15	2,13	14,04	1,79	13,99	2,35	14,18	1,54
3	14,17	1,53	14,16	2,14	14,05	1,86	14,00	2,39	14,19	1,55
4	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
5	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
6	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
7	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
8	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
9	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
10	14,17	1,53	14,17	2,20	14,05	1,87	14,01	2,42	14,19	1,55
Fraturou	7.950		7.009		5.104		4.308		4.905	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.2 foi desmembrada.

Tabela 5.3 - LIGA DA STELDENT - CORPOS DE PROVA COM GRAMPOS UNIFORMES.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,14	0,67	14,10	1,16	14,00	0,70	13,68	0,64	14,04	0,65
1	14,43	2,03	14,30	2,28	14,52	2,33	14,08	2,40	14,37	2,41
2	14,44	2,08	14,35	2,33	14,52	2,52	14,07	2,48	14,36	2,46
3	14,45	2,10	14,34	2,32	14,50	2,46	14,10	2,70	14,36	2,49
4	14,49	2,12	14,34	2,34	14,51	2,46	14,09	2,52	14,36	2,43
5	14,48	2,14	14,35	2,36	14,51	2,47	14,10	2,52	14,36	2,42
6	14,48	2,08	14,35	2,36	14,51	2,47	14,10	2,52	14,37	2,46
7	14,48	2,14	14,35	2,36	14,51	2,57	14,10	2,52	14,37	2,48
8	14,48	2,14	14,35	2,36	14,51	2,57	14,10	2,52	14,37	2,48
9	14,48	2,14	14,35	2,36	14,51	2,57	14,10	2,52	14,37	2,48
10	14,48	2,14	14,35	2,36	14,51	2,57	14,10	2,52	14,37	2,48
Fraturou	13.073		5.034		9.327		11.492		8.257	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,14	0,55	13,85	0,68	13,61	0,60	14,01	0,59	13,91	0,66
1	14,64	2,70	14,39	2,71	14,05	2,30	14,32	2,39	14,32	2,70
2	14,64	2,76	14,39	2,73	14,04	2,35	14,31	2,46	14,32	2,71
3	14,65	2,80	14,42	2,77	14,06	2,40	14,32	2,41	14,38	2,75
4	14,65	2,78	14,41	2,82	14,09	2,42	14,33	2,44	14,40	2,80
5	14,65	2,79	14,41	2,84	14,09	2,42	14,33	2,44	14,40	2,81
6	14,65	2,79	14,41	2,80	14,09	2,42	14,32	2,45	14,40	2,81
7	14,67	2,78	14,41	2,82	14,10	2,43	14,33	2,44	14,40	2,81
8	14,65	2,79	14,41	2,82	14,09	2,42	14,33	2,44	14,40	2,81
9	14,65	2,79	14,41	2,82	14,09	2,42	14,33	2,44	14,40	2,81
10	14,65	2,79	14,41	2,82	14,09	2,42	14,33	2,44	14,40	2,81
Fraturou	15.037		10.937		12.395		8.639		7.492	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.6 foi desmembrada.

Tabela 5.4 - LIGA DA JELENKO - CORPOS DE PROVA COM GRAMOS AFILADOS.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distancia entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,00	0,74	14,09	0,78	14,11	0,74	14,25	0,60	14,45	0,78
1	14,63	2,35	14,72	2,39	14,36	2,84	14,43	2,11	14,78	2,79
2	14,67	2,38	14,81	2,40	14,36	2,84	14,44	2,14	14,78	2,86
3	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
4	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
5	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
6	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
7	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
8	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
9	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
10	14,67	2,38	14,81	2,40	14,38	2,85	14,44	2,17	14,80	2,87
Fraturou	79.500		81.579		68.700		85.709		76.993	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distancia entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,03	0,75	14,08	0,63	14,05	0,70	14,48	0,80	14,13	0,79
1	14,66	2,38	14,28	2,54	14,21	2,15	14,81	2,80	14,51	2,41
2	14,70	2,40	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,87	14,54	2,42
3	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
4	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
5	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
6	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
7	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
8	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
9	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
10	14,70	2,41	14,28	2,54	14,22	2,16	14,82	2,88	14,54	2,42
Fraturou	71.490		86.304		62.409		84.324		78.492	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.4 foi desmembrada.

Tabela 5.5 - LIGA DA WISIL - CORPOS DE PROVA COM GRAMPOS AFILADOS.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,65	1,02	14,31	0,91	14,34	0,86	14,07	0,70	14,60	0,98
1	14,77	2,20	14,67	2,21	14,45	1,42	14,23	1,92	14,72	2,15
2	14,77	2,20	14,68	2,23	14,45	1,43	14,26	1,96	14,72	2,15
3	14,78	2,23	14,69	2,25	14,45	1,43	14,26	1,98	14,73	2,16
4	14,78	2,24	14,70	2,28	14,46	1,46	14,27	2,00	14,74	2,16
5	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,00	14,76	2,17
6	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,01	14,76	2,18
7	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,00	14,76	2,18
8	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,00	14,76	2,18
9	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,00	14,76	2,18
10	14,80	2,25	14,70	2,28	14,47	1,48	14,27	2,00	14,76	2,18
Fraturou	19.402		11.407		17.602		15.609		21.402	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,51	0,96	14,39	0,88	14,17	0,80	14,30	0,89	14,15	0,78
1	14,87	2,26	14,49	1,44	14,33	2,02	14,52	1,87	14,45	1,91
2	14,88	2,28	14,49	1,44	14,36	2,06	14,53	1,89	14,46	1,92
3	14,89	2,30	14,49	1,45	14,36	2,08	14,53	1,92	14,47	1,92
4	14,90	2,32	14,50	1,46	14,37	2,10	14,54	1,93	14,47	1,94
5	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
6	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
7	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
8	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
9	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
10	14,90	2,32	14,51	1,48	14,37	2,10	14,54	1,93	14,48	1,95
Fraturou	18.204		14.309		16.104		17.402		19.703	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.5 foi desmembrada.

Tabela 5.6 - LIGA DA STELDENT - CORPOS DE PROVA COM GRAMPOS AFILADOS.

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	1		2		3		4		5	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,35	0,66	14,35	0,66	14,40	0,63	14,43	0,79	14,35	0,69
1	14,65	2,22	14,55	1,96	14,63	1,98	14,79	2,50	14,45	2,24
2	14,67	2,44	14,55	1,98	14,62	2,03	14,80	2,55	14,45	2,34
3	14,62	2,47	14,57	2,07	14,63	2,08	14,80	2,55	14,44	2,40
4	14,64	2,45	14,55	2,01	14,64	2,08	14,80	2,55	14,45	2,43
5	14,65	2,45	14,55	2,07	14,65	2,08	14,83	2,56	14,45	2,43
6	14,65	2,45	14,56	2,04	14,65	2,08	14,83	2,60	14,45	2,43
7	14,65	2,45	14,56	2,07	14,65	2,07	14,83	2,60	14,45	2,43
8	14,65	2,46	14,56	2,07	14,65	2,08	14,83	2,60	14,45	2,43
9	14,65	2,46	14,56	2,07	14,65	2,08	14,83	2,60	14,45	2,43
10	14,65	2,46	14,56	2,07	14,65	2,08	14,83	2,60	14,45	2,43
Fraturou	18.576		20.405		17.079		22.048		19.473	

Nº de movimentos	Medida de diâmetro externo (Palmer) e distância entre extremidades de grampos (microscópio comparador) mm									
	6		7		8		9		10	
	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**	P*	M**
0	14,43	0,65	14,26	0,69	14,45	0,81	14,32	0,64	14,50	0,70
1	14,63	0,83	14,55	2,54	14,81	2,58	14,42	2,20	14,71	1,90
2	14,63	1,83	14,61	2,50	14,81	2,57	14,42	2,29	14,72	1,92
3	14,63	1,83	14,58	2,58	14,82	2,58	14,41	2,29	14,73	1,92
4	14,63	1,85	14,58	2,56	14,83	2,59	14,40	2,40	14,75	1,94
5	14,64	1,87	14,59	2,57	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
6	14,64	1,87	14,59	2,58	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
7	14,64	1,88	14,59	2,58	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
8	14,64	1,88	14,59	2,58	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
9	14,64	1,88	14,59	2,58	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
10	14,64	1,88	14,59	2,58	14,83	2,59	14,42	2,40	14,75	1,94
Fraturou	18.492		15.726		17.457		19.405		19.117	

* P = Medida com Palmer.

** M = Medida com microscópio comparador.

Obs.: Por falta de espaço a tabela 5.3 foi desmembrada.

Tabela 5.7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE AFASTAMENTO DAS EXTREMIDADES DOS BRAÇOS DE UM MESMO GRAMPO DUPLO, SOB AÇÃO DE UM MOVIMENTO DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	"F"
Entre Materiais	5,74865	2	2,87433	30,69 Significante
Entre Tipos de Grampos	0,09600	1	0,09600	1,02 n.s. *
Int. Mat. x Tipos	0,18484	2	0,09242	0,99 n.s. *
Resíduo	5,05684	54	0,09365	-----
Total	11,08633	59	-----	-----

* n.s. = não significativo.

$$F_{1;54} (5\%) = 4,04$$

$$F_{2;54} (5\%) = 3,20$$

Tabela 5.8 - CONTRASTE PARA MÉDIAS DE FATOR MATERIAL (TUKEY) PARA AFASTAMENTO ENTRE EXTREMIDADES DOS BRAÇOS DE UM GRAMPO, APÓS UM MOVIMENTO DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

$$q \sqrt{\frac{Sx^2}{n}} = 3,42 \sqrt{\frac{0,09365}{20}} = 0,23403$$

Jelenko	-	Wisil		
1,7640	-	1,0470	=	0,71700 Significante
Jelenko	-	Steldent		
1,7640	-	1,6190	=	0,14500 Não Significante
Steldent	-	Wisil		
1,6190	-	1,0470	=	0,57200 Significante

Tabela 5.9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE AFASTAMENTO DAS EXTREMIDADES DOS BRAÇOS DE UM MESMO GRAMPO DUPLO, SOB AÇÃO DE 10 MOVIMENTOS DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	"F"
Entre Materiais	0,05174	2	0,02587	7,89 Significante
Entre Tipos de Grampos	0,00122	1	0,00122	0,37 n.s. *
Int. Mat. x Tipos	0,00037	2	0,00019	0,06 n.s. *
Resíduo	0,17697	54	0,00328	----
Total	0,23030	59	-----	----

* n.s. = não significante.

$$F_{1;54} (5\%) = 4,04$$

$$F_{2;54} (5\%) = 3,20$$

Tabela 5.10 - CONTRASTE PARA MÉDIAS DO FATOR MATERIAL (TUKEY) PARA AFASTAMENTO ENTRE EXTREMIDADES DOS BRAÇOS DE UM GRAMPO, APÓS 10 MOVIMENTOS DE ABAIXAMENTO E ELEVÇÃO.

$$q \sqrt{\frac{Sx^2}{n}} = 3,42 \sqrt{\frac{0,00328}{20}} = 0,04380$$

Jelenko	-	Wisil		
0,03800	-	0,06350	= -0,02550	Não Significante
Jelenko	-	Steldent		
0,03800	-	0,10900	= -0,07100	Significante
Steldent	-	Wisil		
0,10900	-	0,06350	= 0,04550	Significante

5.2. - Deformação permanente observada no diâmetro de dois grampos circunferenciais de um mesmo lado

Uma análise de variância tabela 5.11 foi feita para os dados de alteração neste diâmetro, para as medidas feitas antes e após um movimento de colocação e remoção da prótese. Houve significância para os fatores material e tipos-de-grampo. A tabela 5.12, de contrastes para o fator principal material indica que as tres ligas comportaram-se, diferentemente, e a maior deformação foi observada com a liga Jelenko, e, a menor com a liga Wisil, situando-se a liga Steldent entre essas duas, quanto à alteração dimensional. Os grampos de espessura uniforme apresentaram alteração maior no diâmetro do que os grampos afilados; a deformação média para os grampos de diâmetro uniforme foi de 0,3837 mm e para os grampos de extremidades afiladas de 0,2693 mm.

Uma análise de variância foi feita para os dados de alteração no diâmetro entre dois grampos de um mesmo lado, verificada do primeiro ao décimo movimento de colocação e remoção, análise esta apresentada na tabela 5.13, onde se verifica que não houve significância para qualquer fator. Tal fato indica que depois do primeiro movimento de colocação e remoção o diâmetro externo dos grampos não mais se modificou.

Aparentemente, parece haver uma contradição entre os dados da tabela 5.7 e 5.13, no qual diz respeito aos tipos-de-grampo.

Essa aparente contradição é perfeitamente explicável, do ponto de vista da forma das duas estruturas. Os grampos de área de secção uniforme e os de área de secção decrescente, para a extremidade, sofrem a mesma deformação nas suas extremidades que é onde se efetuam as aplicações de tensões, tendentes a flexioná-los no sentido de sua abertura. Ocorre que, devido a essas formas, a deformação dos grampos afilados verificam-se fundamentalmente nas suas extremidades, e, as tensões que as causam influem pouco sobre o diâmetro circunferencial dos dois grampos, na proximidade da barra em que se

Tabela 5.11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE AUMENTO EM DIÂMETRO, DO GRAMPO DUPLO, SOB AÇÃO DE UM MOVIMENTO DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	"F"
Entre Materiais	0,58032	2	0,29016	16,43 Significante
Entre Tipos de Grampos	0,19608	1	0,19608	11,10 Significante
Int. Mat. x Tipos	0,06257	2	0,03129	1,77 n.s. *
Resíduo	0,95339	54	0,01766	-----
Total	1,79237	59	-----	-----

* n.s. = não significante.

F_{1;54} (5%) ≈ 4,04

F_{2;54} (5%) ≈ 3,20

Tabela 5.12 - CONTRASTE ENTRE MÉDIAS DO FATOR MATERIAL(TUKEY) PARA AFASTAMENTO EM DIÂMETRO DOS BRAÇOS DE UM GRAMPO, APÓS UM MOVIMENTO DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

$$q \sqrt{\frac{Sx^2}{n}} = 3,42 \sqrt{\frac{0,01766}{20}} = 0,10163Z$$

Jelenko	-	Wisil		
0,45250	-	0,21250	=	0,24000 Significante
Jelenko	-	Steldent		
0,45250	-	0,31450	=	0,13800 Significante
Steldent	-	Wisil		
0,31450	-	0,21250	=	0,10200 Significante

Tabela 5.13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE AUMENTO EM DIÂMETRO, DO GRAMPO DUPLIO, SOB AÇÃO DE 10 MOVIMENTOS DE ABAIXAMENTO E ELEVAÇÃO.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	"F"
Entre Materiais	0,04760	2	0,2380	1,34 n.s. *
Entre Tipos de Grampos	0,01768	1	0,01768	0,99 n.s. *
Int. Mat. x Tipos	0,03730	2	0,01865	1,05 n.s. *
Resíduo	0,95903	54	0,01776	----
Total	1,06162	59	-----	----

* n.s. = não significante.

F_{1;54} (5%) ≈ 4,04

F_{2;54} (5%) ≈ 3,20

inserir. Ao contrário, nos grampos de secção uniforme as tensões aplicadas em suas extremidades se transmitem para todo o grampo, provocando uma deformação generalizada e fazendo com que o diâmetro do grampo seja maior neste caso do que no caso dos grampos afilados (média de deformação para este igual 1,4367 mm e para aquele 1,5167 mm).

5.3. - Número de movimentos de colocação de inserção e remoção necessários para promover a fratura dos grampos

A tabela 5.14 mostra que a liga Jelenko apresentou à fratura muito maior resistência que as outras duas; por este motivo, foi aplicado o teste "t" (Student) para grampos de área de secção uniforme e grampos de área de secção decrescente e afilada. O teste indicou o valor 5,67 ("t" crítico=2,10), significativa, indicando que os grampos afilados resistem muito mais à fratura que os que apresentaram área de secção uniforme.

A análise de variância feita para o número de movimentos necessários para fraturar um grampo, para os dados da liga Wisil e Steldent, mostra significância para os fatores material e tipo de grampo, bem como para a interação entre eles, tabela 5.15.

A observação das tabelas 5.15 e 5.14 mostram que as ligas Wisil e Steldent comportaram-se diferentemente: a primeira resistiu menos à fratura que a segunda, e, os grampos de diâmetro uniforme feitos com elas duas resistiram menos à fratura do que os grampos de extremidades afiladas. A interação entre os fatores principais é devida ao fato da liga Wisil ter seus grampos de diâmetro uniforme, menos resistentes à fratura do que os correspondentes para a liga Steldent. Os resultados aqui obtidos, com respeito à deformação e fratura de grampos de diâmetro uniforme ou afilado, concordam com aqueles previstos, através da fotoelasticidade e reproduzido no livro de J.M. NEY COMPANY⁵, mas contrariam a observação de OSBORNE⁶ que julga o grampo de diâmetro constante mais resistente à fratura.

Tabela 5.14 - NÚMERO DE MOVIMENTOS DE COLOCAÇÃO E REMOÇÃO "PRÓTESES", NECESSÁRIOS PARA FRATURA DE UM DOS GRAMOS.

Grampos	C.P.	Número de movimentos conforme material		
		Jelenko	Wisil	Steldent
Diâmetro Uniforme	1	55324	3390	13073
	2	58472	3770	5034
	3	67002	7800	9327
	4	62302	4900	11492
	5	59320	4603	8257
	6	51286	7950	15037
	7	50306	7009	10937
	8	68309	5104	12395
	9	45101	4308	8639
	10	63029	4905	7492
Média	-	58045,1	5373,9	10168,3
Afilados	1	79500	19402	18576
	2	81579	11407	20405
	3	68700	17602	17079
	4	85709	15609	22045
	5	76993	21402	19473
	6	71490	18204	18492
	7	86304	14309	15726
	8	62409	16104	17457
	9	84324	17402	19405
	10	78492	19703	19117
Média	-	77550,0	17114,4	18777,5

Tabela 5.15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA FEITA PARA OS DADOS RELATIVOS A NÚMEROS DE MOVIMENTOS NECES-
SÁRIOS PARA PROVOCAR FRATURA DE UM GRAMPO DUPLO, PARA AS LIGAS WISIL E STELDENT.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	"F"
Entre Materiais	104248266	1	104248266	18,08 Significante
Entre Tipos de Grampos	1035275725	1	1035275725	179,57 "
Int. Mat. x Tipos	24512599	1	24512599	4,25 "
Resíduo	207555340	36	5765426	-----
Total	1371591930	39	-----	-----

F_{1;36} (5%) - 4,12

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6 - C O N C L U S Õ E S

Dos resultados discutidos no capítulo anterior, parece-nos lícito chegar às seguintes conclusões:

6.1. - Afastamento das extremidades de dois braços de um grampo duplo:

6.1.1. - O primeiro movimento de colocação e remoção do grampo provocou uma deformação permanente, diversa para os tres materiais testados: maior para as ligas Jelenko e Steldent (não estatisticamente diferentes entre si), e menor para a liga Wisil (estatisticamente diferente das outras duas).

6.1.2. - Os tipos-de-grampo e a interação destes com o fator material não foi significativa, no caso do primeiro movimento de colocação e remoção.

6.1.3. - Os movimentos equivalentes a dez colocações e remoções sucessivas do grampo provocaram uma deformação permanente, diversa para os tres materiais testados; foi maior para a liga Steldent e igual para as ligas Jelenko e Wisil.

6.1.4. - Os tipos de grampo e a interação destes com o fator material não foram significantes para a deformação ocorrida do primeiro para o décimo movimento de colocação.

6.2. - Aumento no diâmetro equivalente aos dois braços de um grampo duplo:

6.2.1. - O primeiro movimento de colocação e remoção do grampo provocou um aumento no diâmetro dos grampos; os materiais comportaram-se diferentemente, a maior deformação tendo ocorrido com a liga Jelenko a menor com a liga Wisil, enquanto a liga Steldent apresentou um valor intermediário.

6.2.2. - Os grampos de espessura uniforme apresentaram maior deformação do que os grampos afilados, após esse primeiro movimento.

6.2.3. - A interação material tipo de gram

po não apresentou diferença significativa no aumento do diâmetro dos grampos em consequência de um movimento de colocação e remoção.

6.2.4. - A colocação e remoção do grampo, do primeiro ao décimo movimento, provocou aumento de diâmetro que não foi estatisticamente diferente para os fatores estudados.

6.3. - O número de colocações e remoções sucessivas dos grampos, para promover fratura, foi diferente conforme os diversos fatores estudados:

6.3.1. - Foi maior para a liga Jelenko e menor para a liga Wisil; a liga Steldent sob este aspecto apresentou resistência à fratura por fadiga um pouco maior que a Wisil.

6.3.2. - Os grampos de área de secção ou diâmetro uniforme apresentaram resistência a fadiga menor do que os de diâmetro afilado.

6.3.3. - Houve diferença significativa para a interação material e tipo de grampo, no caso das ligas Wisil e Steldent.

CAPÍTULO 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ASGAR, K., TECHOW, B.O., JACOBSON, J. M. - A new alloy for partial dentures. The Journal of Prosthetic Dentistry. vol. 23, p. 36-43, Jan., 1970.
- 2 - BATES, J. F., SCOTT, J. - Studies to the fracture of partial dentures fractography of cobalt-chromium alloys. J. Biomed. Mater Res., vol. 7.88 p.419-29, Sep., 1973.
- 3 - BOMBONATTI, P.E., BARROS, L.D., GARLIPP, O.A. - Influência da refusão sobre a resistência a flexões sucessivas de ligas de cromo cobalto. Revista Brasileira de Odontologia, n. 153 ano XXV, p. 303-7, Set./Out., 1968.
- 4 - COMPANY NEY, J.M. - Desenho e construção de pontes móveis. Trad. Sylvia Jatobá do Amaral, ed.1ª, Gráfica Polipo, São Paulo, p. 107-8, 1954.
- 5 - ERDLE, R. W., PRANGE, C. H.: U.S. Patent 1,956,278 (1934). Apud ASGAR, K., TECHOW, B.O., JACOBSON, J.M. - A new alloy for partial dentures. The Journal of Prosthetic Dentistry. vol. 23, p. 36, Jan., 1970.
- 6 - OSBORNE, J. - Improvement in cobalt-chromium alloys. Rev. Belge Med. Dent., 21:303-10, Mar., 1966.
- 7 - PRANGE, C. H.: U.S. Patent 1,909,008 (1933); L, 958,466 (1934); 2,135,600(1938); 2,180,549(1939). Apud ASGAR, K., TECHOW, B. O., JACOBSON, J. M. - A new alloy for partial dentures. The Journal of Prosthetic Dentistry. vol. 23, p. 36, Jan., 1970.
- 8 - RÜDIGER, O., HOFFMANN, A., HIRSCHFELD, D. - Eine neue, titanhaltige kobalt-chrom-dentallegierung. Dental-labor., vol. 18, p. 24-31, Nov., 1970.