

SEPARATA
REVISTA BRASILEIRA DE ODONTOLOGIA - SEÇÃO RJ
VOLUME L - Nº 6 - NOVEMBRO / DEZEMBRO
1993

ESTUDO DE UMA LIGA ALTERNATIVA DE PRATA-PALÁDIO PARA USO ODONTOLÓGICO

Mário João *
Sergio Pietro La Croix **

* Profº . Titular de Materiais Dentais da F.O.U.F.R.J. e Diretor do Dptº. de Odontologia da UGF.

** Engenheiro Metalúrgico e de Materiais; Mestre em Ciência dos Materiais pela COPPE - UFRJ

SINOPSE - Os autores elaboraram um estudo comparativo, entre uma liga de ouro convencional e uma seminobre alternativa de prata-paládio, com 7% de ouro na sua composição. Após todos os testes e critérios preestabelecido, foi observado que no emprego desta liga alternativa, comportou-se de modo seguro no que tange às suas propriedades físico-químicas e biológicas, quando no uso odontológico. Assim sendo, acreditamos que esta pesquisa tenha contribuído de maneira relevante para o conhecimento de novos ensaios no campo integrado Metalurgia-Odontologia.

UNITERMOS – Ligas Alternativas, Liga de Prata-paládio, Propriedades físicas, biológicas e físico-químicas de ligas odontológicas.

SUMMARY – The authors elaborated a comparative study between a conventional gold alloy and na alternative one, seminoble, made of paladio-silver, with 7% of gold in its composition. After all tests, under pre-set criterions, the use of this alternative alloy has been proved safe, in what concerns its physical, chemical and biological properties, for dental purpose. Therefore, we believe that this research has contributed in a relevent way for the knowledge of new experiments in metallurgy applied to dental area.

INTRODUÇÃO

É um fato incontestável o crescimento geométrico do número de ligas alternativas, colocadas à disposição de dentistas e protéticos em todo mundo nas últimas décadas. Dentre as várias razões apontadas para este fato, ressalta-se o incremento do preço do ouro e de outros metais nobres, que abalaram profundamente o sistema econômico nacional. As múltiplas aplicações das ligas alternativas no campo odontológico, e em especial quando do seu emprego como base para aparelhos protéticos em metalocerâmica, tem sido de ordem tão elevada, que chegou a reduzir drasticamente o emprego das ligas de ouro, mesmo em países ricos como os EUA, a percentagens irrisórias como referem entre outros Thompson¹⁸, Werber²², Vermilyea¹⁹.

O conhecimento de tais fatos aqui observados panoramicamente e com testes altamente significativos, além de outras implicações apreciadas em inúmeros outros trabalhos^{5, 6, 11}, causam-nos espécie, não ter sido iniciada uma normatização adequada a estes materiais, os quais surgem constantemente como uma verdadeira proliferação, e vão ampliando seu campo na Odontologia sem qualquer regulamentação, para sua comercialização, e o que é mais grave, para sua utilização clínica. Estas normas deveriam ser determinadas por um órgão autorizado, ao menos em nível nacional, proporcionando uma proteção mais efetiva à saúde e defendendo a economia daqueles que viessem a ser usuários destes produtos.

O momento presente vive o aparente início de mais uma guerra mundial, armada contra o emprego do amálgama na Odontologia¹⁷. Acreditamos assim, que nada seria mais justo, que uma séria tentativa de catalogação, ou melhor, classificação das ligas alternativas encontradas atualmente no mercado, e que seria extensiva à outras que por certo haverão de surgir no futuro. Sabemos que de tanto atentarmos para tal fato, recentemente houve um encontro em São Paulo destinado para tal fim. Rogamos a Deus que esta iniciativa frutifique, pois só assim teremos um controle prévio dos materiais lançados no mercado odontológico. Enquanto isto não ocorre, e por militarmos nesta área, decidimos submeter esta liga alternativa de prata-paládio, a ensaios mecânicos, físicos, biológicos e físico-químicos, com objetivo de tornar público, o comportamento real desta liga alternativa seminobre, quanto ao seu emprego na Odontologia. Contamos para isto, com grande apoio de vários setores da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PROPOSIÇÃO

Diante da revista da literatura por nós pesquisada, parece-nos lícito propor a comparação de uma liga alternativa seminobre de prata-paládio, de nome comercial PALAD LA CROIX, com uma liga de ouro convencional do tipo IV, no tocante a:

- 1 - Microestrutura.
- 2 - Propriedades físicas.
- 3 - Propriedades físico-químicas.
- 4 - Propriedades biológicas.
- 5 - Considerações de ordem técnica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ligas comparadas:

liga 1) Liga Nobre Convencional

Liga de ouro do tipo IV. (classificação A. D. A.)
Ouro LA CROIX N° 5 (marca P.S.LA CROIX)
Composição básica: Au 75%, Pt 5%, Pd 2%, Ag, Cu, outros.

liga 2) Liga Seminobre Alternativa

Liga de prata-paládio
PALAD (marca P.S. LA CROIX)
Composição básica: Au 7%, Pd 25%, Ag 60%, Cu, outros.

Na confecção dos corpos de prova das ligas por fundição, o critério estabelecido foi o de simulação das condições idênticas, de quando são empregadas no meio bucal. Visando permitir a comparação precisa, estes corpos de prova foram elaborados sempre de modo semelhante, ou seja,

realizando-se as fundições com pesos iguais, anéis de fundição de diâmetros iguais, mesma proporção A/P de revestimento e também mesma temperatura de cremação. Esta metodologia foi criteriosamente controlada, para que nenhuma variável na elaboração destes corpos de prova pudesse ocorrer.

Nos ensaios para determinação das propriedades mecânicas e físicas, os corpos de prova seguiram as normas da Associação Dental Americana (A.D.A.). Já na realização dos testes de biocompatibilidade e resistência à oxidação por polarização anódica, foi necessário dimensioná-los de modo a permitir a execução destes ensaios inéditos no meio odontológico. Para a colocação das ligas no dorso dos camundongos, foram feitos corpos de prova em forma de discos, com 5,0 mm de diâmetro por 1,0 mm de espessura, e submetidos a exaustivo polimento para se evitar qualquer traumatismo aos tecidos em contato, devido a arestas e pontas do corpo de prova.

Para o ensaio de polarização anódica, os corpos de prova foram quadrados de 5,0 mm de lado por 1,00 mm de espessura, para se adaptarem aos eletrodos. Quanto ao estudo metalográfico, foram realizados corpos de prova por centrifugação e por gravidade, permitindo a observação da estrutura antes e depois da execução da centrifugação, analisando-se assim o efeito da energia de compactação na liga, após a realização da fundição por cera perdida. Os corpos de prova sofreram um ataque ácido na sua superfície, permitindo a obtenção da fotomicrografia comparativa. Para este estudo metalográfico, foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (MEV), do departamento de metalurgia da COPPE-UFRJ.

1 - MICROESTRUTURA

Na observação da microestrutura, colhemos dados relacionados ao seu tipo, tamanho granular e homogeneidade. Foi considerada muito importante a realização dos corpos de prova por centrifugação e gravidade, para se reproduzir as mesmas condições com que liga irá para a cavidade oral do paciente. Embora neste mister podemos submeter a liga a tratamentos térmicos amaciador, endurecedor e de homogeneização.

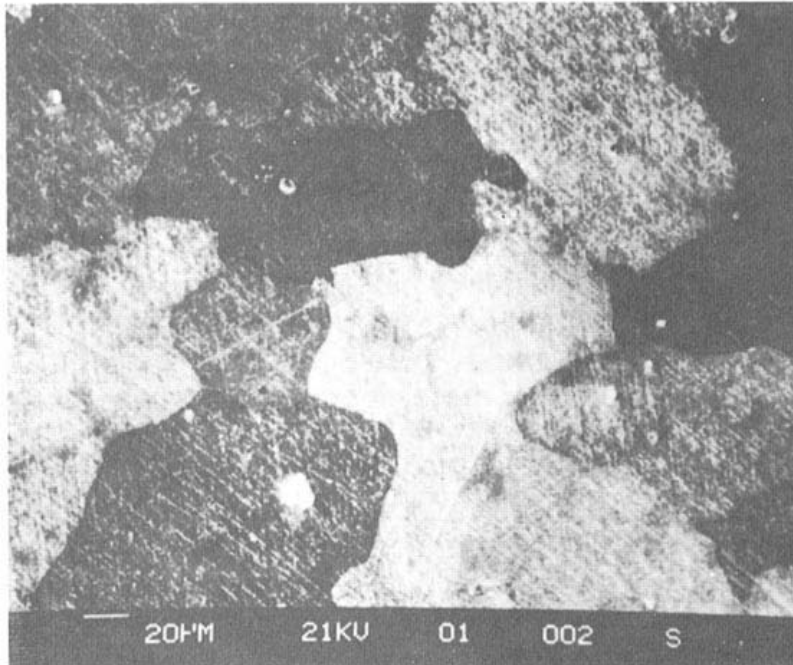


FIGURA 1

Ouro tipo IV, grãos equiaxiais. Microscópio eletrônico 10.000 X

Como pode ser observado na figura 1, a liga convencional apresenta uma estrutura de grãos equiaxial, típica de um processo de recozimento, enquanto que a seminobre (figura 2), apresenta uma estrutura dendrítica. Isto indica uma estabilidade da estrutura bruta de fusão desta liga, o que provoca uma diminuição na sua ductilidade, e conseqüente limitação ao uso desta liga para próteses fixas.

Um dos objetivos deste trabalho, é familiarizar o profissional clínico com estas técnicas, possibilitando-o escolher um material que tenha características mais apropriadas ao uso que ele se propõe, no momento de optar, bem como ajuizar uma técnica mais apropriada e precisa a seguir.

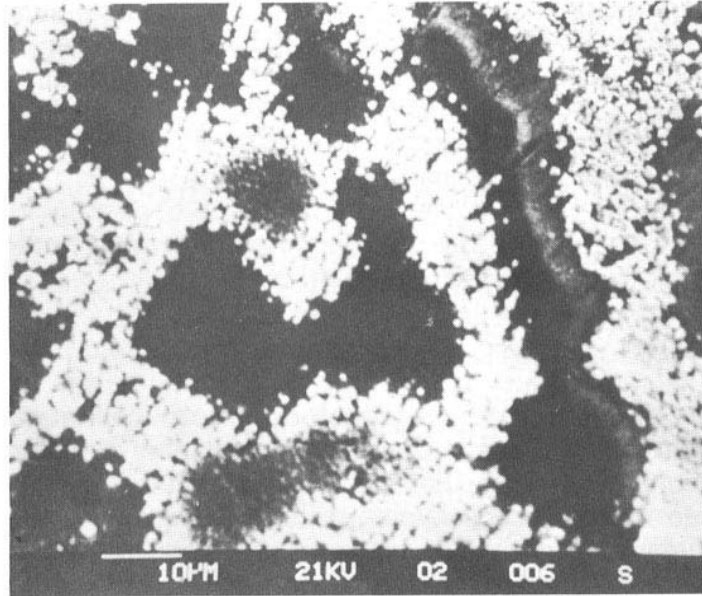


FIGURA 2
Liga prata-paládio, estrutura dendrítica.
Microscópio eletrônico 10.000 X.

2 - PROPRIEDADES FÍSICAS

2.1 - Índice de contração

Estes valores favorecem não só a escolha do revestimento mais apropriado, como também a técnica de expansão mais conveniente para compensar a contração de solidificação da liga, permitindo uma precisão aproximada da adaptação que será alcançada pela peça fundida, ao preparo feito no dente. Cabe-nos aqui mostrar que a liga PALAD, comportou-se de modo satisfatório, apresentando boa adaptação no troquel metálico da Associação Dental Americana (A.D.A.), que é muito crítico. A sua morfologia de coroa total de aço inoxidável, nos permitiu uma rigorosa adaptação, pois não contamos no ajuste com o coeficiente de elasticidade da dentina humana. O aço é rígido, e sua angulação bem paralela. Com este teste, onde logo que libertamos as coroas do revestimento, limpamos e levamos ao troquel com um peso de 3,0 a 5,0 quilos, nos deu o direito de comparar as adaptações da liga PALAD com o ajuste da coroa de ouro. O resultado como mostra a figura 3, foi semelhante. A técnica de fundição foi rigorosamente igual, só variamos o tipo da liga. Portanto, comparando a liga alternativa PALAD com liga de ouro convencional, o resultado foi semelhante.



FIGURA 3
Coroa fundida no troquel de aço padrão de “A.D.A.”;
Teste da minirrede (fundibilidade).

2.2 - Fundibilidade

Os americanos chamam de “casty fusibility”, e faculta conhecimentos laboratoriais altamente importantes, para a avaliação de possíveis falhas nas fundições, e a capacidade da liga metálica proporcionar riqueza de cópia de detalhes, propiciando ao laboratorista amplitude de recursos para contornar algumas dificuldades, inerentes à obtenção de blocos fundidos. Na literatura,^{18, 19, 20} estes corpos de prova podem ser telas, molas e giletes, todos para reproduzir os mínimos detalhes e bordos finíssimos.

No ensaio realizado, foi utilizada uma minirrede com fios de plástico dispostos aproximadamente de 1,0 mm, e dimensão total de 10,0 mm de lado. A inclusão foi feita pelo vértice do quadrado de tela, como mostra a figura 3. Foram realizados cinco corpos de prova de cada material, e fundidos de modo semelhante, com três voltas na centrífuga, e mesma temperatura de pré-aquecimento dos anéis de fundição, possibilitando, o que foi uma constante neste estudo, a não ocorrência de variáveis que pudessem distorcer o comportamento das ligas empregadas.

Segundo orientação contida nas bulas informativas, a diferença de temperatura para pré-aquecimento dos anéis de fundição, é de 150° C, em relação ao ponto de fusão da liga, evitando-se assim um choque térmico, o

que pode comprometer a realização de uma prótese na sua fase mais delicada, que é a confecção da estrutura.

Os resultados apresentados mostraram que a liga PALAD, obteve um comportamento de fluidez semelhante, à liga de ouro convencional do tipo IV. Portanto, considerando-se a situação crítica do teste de fluidez, conclui-se que para a realização de fundições de seções de estrutura de coroas e pontes, a liga PALAD tem capacidade de preenchimento total, quanto à solicitação de fluidez, desde que se execute a fundição por centrifugação, com três voltas no braço da centrífuga.

2.3 - Resistência à tração

A resistência à tração, é uma propriedade mecânica estática que se manifesta quando as forças são aplicadas de forma monotônica. Através do ensaio de tração, obtém-se os valores de resistência quando observamos a carga desenvolvida durante a deformação do corpo de prova, indicando que a fase elástica foi ultrapassada (escoamento). Em seguida, com o aumento gradual da carga de teste, atingimos a fase plástica até ocorrer a ruptura do corpo de prova (resistência).

Para a confecção de próteses dentárias, pode-se considerar bem dimensionado o valor de 373 Mpa da liga prata-paládio, comparando-se com o valor de 280 MPa, da dentina humana. Segundo Skinner,¹² a força média de mastigação é de 78 Kg, resultando uma pressão de mastigação de 195 MPa. Estes valores são obtidos através de cargas estáticas, portanto deve-se considerar que uma tensão instantânea de mastigação, é ainda superior, sendo grande parte absorvida pela massa alimentar e o restante pelos próprios dentes.

Liga	Limite de Escoamento	Limite de Resistência
Ouro tipo IV	426 MPa	539 MPa

2.4 - Alongamento

A resistência à deformação pode ser avaliada por meio da ductilidade. Maleabilidade e ductilidade são propriedades sinônimas, e pode-se definir um material dúctil, aquele capaz de apresentar deformações permanentes, e pode ser medida por seu alongamento. Determina-se o alongamento, medindo-se o aumento verificado no comprimento do corpo de prova, quando se realiza o ensaio de tração. A percentagem de alongamento, é uma importante informação, para se avaliar a capacidade de um certo material absorver energia, quando solicitada mecanicamente, e pode indicar o motivo de ruptura de um grampo removível ou anel ortodôntico.

Objetivando o padrão de segurança máxima quanto ao emprego, apontamos o baixo valor de alongamento da liga de prata-paládio, em relação a liga de ouro do tipo IV, na qual restringe seu uso somente para próteses fixas.

liga de ouro tipo IV - 15,7%

liga de prata-paládio - 5,0%

2.5 - Dureza

A dureza pode ser interpretada tecnologicamente, como a resistência de certo material à deformação permanente, ou resistência à penetração, ou ainda, resistência ao corte e ao desgaste. Existem alguns ensaios para obtenção dos valores de dureza dos materiais. Realizamos os ensaios Brinell e Vickers, o que consideramos satisfatório, dentro da normativa de comparação entre as ligas. Estes ensaios são testes de penetração, com carga estática, e utiliza-se uma ponta ativa esférica de aço temperado, de 1,16 mm de diâmetro, para obtenção do valor Brinell. O ensaio Vickers, é realizado com uma ponta ativa piramidal de diamante, e em ambos os testes, calcula-se a razão entre a carga e a área impressa.

A resistência ao desgaste ou abrasão, pode ser grosseiramente avaliada pela dureza da liga metálica. Alta dureza significa dificuldade de brunimento, no que se refere ao manuseio protético. Os valores de dureza da liga de prata-paládio, podem ser considerados satisfatórios em referência à liga de ouro tipo IV, pois são números próximos, e habilitados pela liga nobre convencional.

Liga	Brinell	Vickers
Ouro tipo IV	247 HB	322 HV
Prata-Paládio	223 HB	315 HV

2.6 - Densidade

A densidade é uma propriedade escalar dos materiais. Orienta o profissional de odontologia no dimensionamento da prótese, isto é, peso e volume são considerados na concepção estética da peça, objetivando alterar o mínimo possível o meio bucal. A análise da densidade permite atingir a esbeltez desejada, para cada tipo de prótese específica, auxilia a previsão da quantidade de liga metálica que será necessária para a fundição.

A comparação desta propriedade, mostra claramente a diferença entre a liga nobre e semi-nobre. A consideração ocorre sobre o fato de existir uma diferença efetiva de $5,0 \text{ g/cm}^3$, em relação à liga de ouro, e aproximadamente $4,0 \text{ g/cm}^3$, em relação a uma liga não-nobre de níquel e cromo. Portanto, pode-se observar através da densidade, o posicionamento natural da liga prata-paládio, entre a nobre e não-nobre, o que se torna importante para gerar o intervalo de referência, na qual o profissional de odontologia pode se apoiar, ao conceber a estrutura da restauração necessária.

Liga	Densidade
Ouro tipo IV	$15,8 \text{ g/cm}^3$
Prata-Paládio	$11,1 \text{ g/cm}^3$

2.7 - Intervalo de fusão

A correta interpretação do intervalo de fusão, informa sobre vários procedimentos que devem ser realizados, para a obtenção da peça fundida por centrifugação. Inicialmente indica qual combustível e equipamento devem ser empregados. Determina a temperatura de pré-aquecimento do anel de fundição, que deve ser de aproximadamente 150° C., abaixo do ponto inicial de fusão (fase solidus). Orienta a escolha da solda a ser empregada, e ainda informa o revestimento a ser usado.

A análise dos pontos de fusão das ligas estudadas, atenta para o maior valor da liga de prata-paládio, o que na prática significa maior quantidade de calor para a completa fusão da liga, em referência à liga de ouro convencional do tipo IV. O profissional de prótese deve observar esta diferença, e formular o processo de acordo com esta informação de temperatura, evitando-se assim uma pequena falha, ou bolha, na estrutura fundida. Estas temperaturas podem ainda ser atingidas pelo sistema gás/ar, o qual é simples e de fácil manuseio.

A contribuição da metalurgia vem através do diagrama de fases binário, de dois elementos mais abundantes na composição da liga metálica. Este diagrama permite estimar grosseiramente, a faixa de temperatura que se pode realizar o tratamento térmico amaciador e endurecedor. A liga de ouro pertence ao sistema ouro/cobre, e a liga seminobre ao sistema prata/paládio. A temperatura do anel de fundição deve ser 150° C abaixo do ponto de “solidus”, do intervalo de fusão, isto é, o valor mais baixo do intervalo de fusão indicado. O valor mais alto é o ponto de “liquidus”.

Liga	Intervalo de Fusão
Ouro tipo IV	900 - 960° C
Prata-Paládio	940 - 1.050° C

3 - PROPRIEDADES FISICO-QUÍMICAS (Resistência à oxidação)

O ensaio utilizado para obtermos a análise precisa da resistência à oxidação das ligas estudadas, foi o de polarização anódica em saliva artificial. Este teste, através da obtenção das curvas de polarização comparativas, permitiu a previsão do comportamento acumulativo das ligas no meio bucal, de aproximadamente cinco anos. Foi incluída neste ensaio uma liga de cobre-alumínio, com a intenção clara, de observarmos o comportamento desta liga alternativa largamente empregada, ao lado das outras em estudo.

O teste consiste na ativação de um eletrodo de cada liga, no meio de saliva artificial, em referência a um eletrodo de colomelano da escala 5. Aplica-se uma diferença de potencial (potencial eletroquímico mV), e se faz a monitoração do fluxo de elétrons no meio, através da densidade de corrente (ÅA). Mede-se assim a velocidade de dissolução da liga em teste, no meio de saliva artificial. Variando-se a “D.D.P.”, ou energia de ativação, pode-se construir o gráfico comparativo de cada liga, ou seja, as curvas de polarização anódica. Na observação da figura 4, conclui-se que a liga PALAD comporta-se de modo muito semelhante à liga de ouro, apresentando a passivação, quase que instantaneamente. Já na liga de cobre-alumínio, isto não ocorre, mostrando que esta liga, constantemente libera elétrons no meio de saliva artificial, submetida a qualquer corrente. Quando empregada no meio bucal, sempre haverá oxidação através de corrente galvânica, e em casos de pacientes que possuam o meio bucal mais agressivo, a oxidação poderá ser notada pelo escurecimento da prótese. O resultado deste ensaio é bastante significativo, quanto a segura habilitação da liga prata-paládio, quando usada no meio bucal.

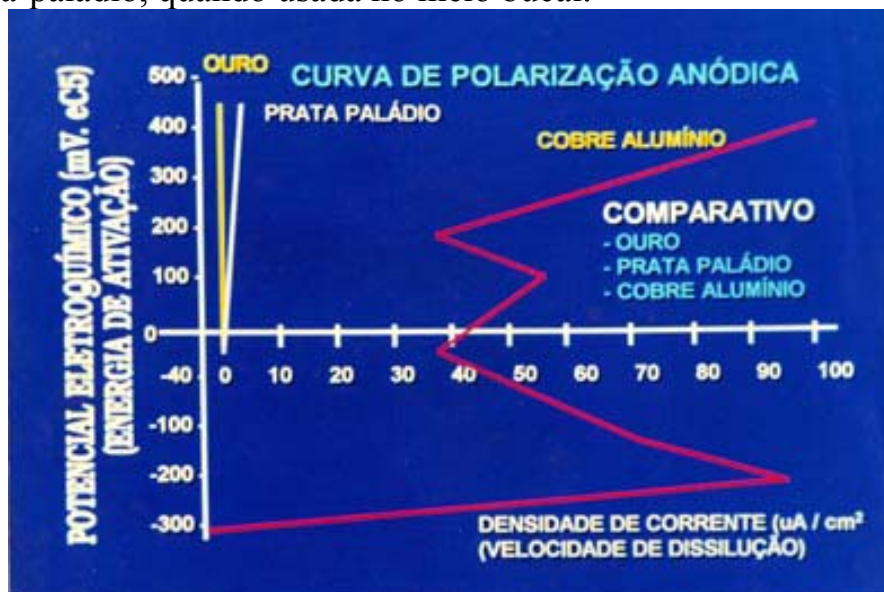


FIGURA 4

Gráfico de polarização anódica. Departamento de corrosão,
Coppe, Metalurgia, U.F.R.J.

4 - PROPRIEDADE BIOLÓGICA (Biocompatibilidade)

O implante cirúrgico dos corpos de prova, tanto da liga metálica padrão, quanto da liga metálica em teste, foi realizado no dorso de camundongos brancos suíços. A técnica cirúrgica constitui-se na abertura da pele no dorso do animal na altura da região lombar, e introdução dos discos de metal no espaço subcutâneo, colocando-os longe do local da incisão cirúrgica. Tal técnica foi realizada com três camundongos para cada um dos tipos de corpo de prova. A retirada dos corpos de prova se deu em 15 e 30 dias. Os animais foram sacrificados e abertos, para exame de inspeção do tecido exposto à liga metálica, e o tecido subcutâneo colhido, enviado para a histopatologia.

Na inspeção dos tecidos subcutâneos, em nenhum dos animais submetidos ao implante dorsal dos corpos de prova, evidenciou-se alteração significativa do tecido subcutâneo e pele, em relação aos animais não submetidos à cirurgia. O corpo de prova em todos os casos, permaneceu livre no espaço subcutâneo, não tendo sido isolado do restante do mesmo, por nenhum tipo de reação inflamatória visível à macroscopia. Por conseguinte, ao abrir-se o animal foi possível localizar o corpo de prova em regiões distantes a que foram colocados, durante o ato cirúrgico. O tecido subcutâneo enviado para histopatologia, foi retirado da região adjacente a que foi encontrado o corpo de prova, ao abrir-se o animal.

Os resultados satisfatórios da liga alternativa seminobre, PALAD, deve-se talvez à presença do paládio e ouro, dosados equilibradamente com a prata. A contribuição destes metais nobres na liga, é o poder oligodinâmico, propriedade que tem certos metais de destruir, ou impedir a vida de microorganismos, tanto vegetais como animais. Esta propriedade norteia a escolha dos metais componentes de uma liga odontológica nobre ou seminobre.

O estudo patológico dos tecidos em contato com as ligas testadas, permitiu concluir com precisão, que não houve qualquer alteração tecidual patológica, que comprometesse a liga alternativa PALAD, em relação à liga de ouro

com 80% de nobreza. Portanto, a comprovação da histocompatibilidade, habilita de modo seguro o emprego clínico desta liga alternativa.

Macroscopia dos tecidos:

Tecido normal: Tecido redirado do camundongo sem implante.

Tecido normal: após 15 dias.

Apresentou três fragmentos de tecido de cor branca, consistência borrachóide, medindo 1,1/0,6/0,2 cm, 0,7/0,4/0,3 cm e 0,1/0,3/0,2 cm. Seccionados, seguiram cinco fragmentos.

Tecido normal 2: após 30 dias.

Três fragmentos de tecido de cor branca, consistência borrachóide, medindo 0,7/0,5/0,0 cm, 0,6/0,3/0,2 cm e 0,6/0,3/0,2 cm. Seccionados, seguiram seis fragmentos.



FIGURA 5

Tecido conjuntivo normal, sem colocação de ligas em contato.
Células da inflamação (linfócitos), fibroblastos em tecido conjuntivo frouxo.
Presença de corpúsculo de Rushton. Microscópio ótico 250 X.

Tecidos em contato com a Liga de ouro tipo IV

Tecido 1: retirado após 16 dias.

Fragmento único de tecido de consistência mole, com áreas de fibrose em goteira, cor esbranquiçada e ponto de sujeira, medindo 0,5/0,3/0,3 cm. Hemisseccionado.

Tecido 2: retirado após 30 dias.

Dois fragmentos de tecido de consistência firme, com área de fibrose em goteira, cor esbranquiçada, cada um medindo 0,5/0,5/0,5 cm. Seccionados os materiais, seguiram cinco fragmentos.

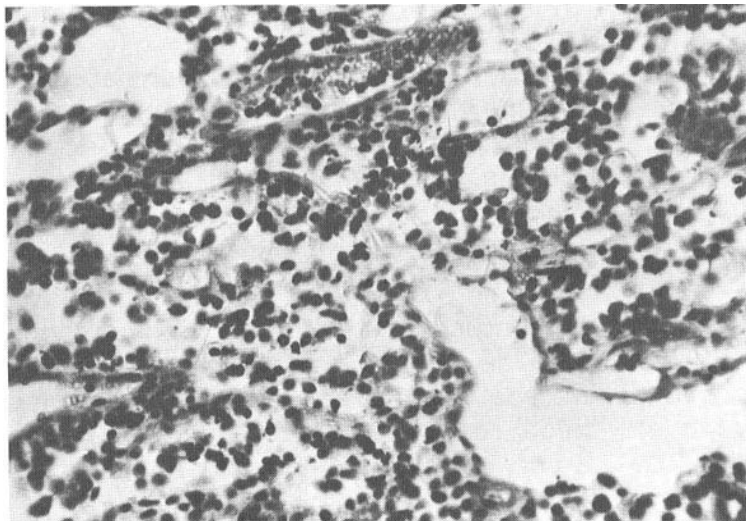


FIGURA 6

Tecido conjuntivo, área de contato com a liga de ouro.
Infiltrado inflamatório mononuclear (linfócitos / plasmócitos), Proliferação angioblástica.
Marginação macrofágica. Microscópio ótico 250 X.

Tecidos em contato com a Liga PALAD

Tecido 1: retirado após 16 dias.

Dois fragmentos de tecido de consistência mole, com área de fibrose em forma de goteira, cor esbranquiçada com áreas de sujeira. Cada fragmento mede respectivamente 1,7/1,6/0,3 cm, e 1,0/0,4/0,2 cm. Seguiram cinco fragmentos.

Tecido 2: retirado após 30 dias.

Dois fragmentos de tecido de consistência firme, com área de fibrose em goteira, cor esbranquiçada e áreas de sujeira. Estes fragmentos medem 0,5/0,2/0,3 cm e 0,3/0,3/0,2 cm. Hemisseccionados, seguiram quatro fragmentos.

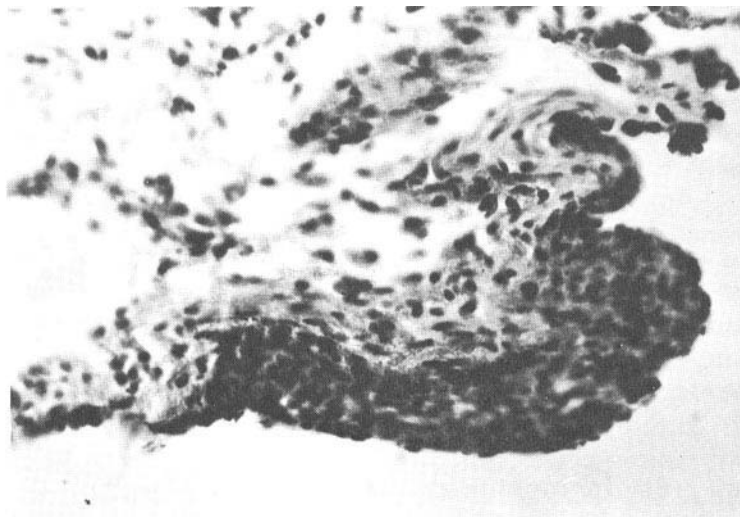


FIGURA 7

Tecido conjuntivo, área em contato com a liga prata-paládio.
Delimitação fibrosa do tecido (encapsulação), com marginação macrofágica.
Microscópio óptico 250 X.

5 - CONSIDERAÇÕES DE ORDEM TÉCNICA

Devemos sempre ter em mente que para qualquer trabalho, onde tenhamos que obter corpos de prova por meio de fundição, é fator imprescindível que sejam mantidas sob controle, todas as etapas, para que não haja variáveis que escapem ao domínio do operador. As fundições odontológicas sendo consideradas como as mais precisas do mundo, não podem ser tratadas com descaso. Daí a importância do completo domínio das temperaturas de fusão das ligas, ser um requisito prioritário em uma pesquisa séria. Tal modo de agir garante que todos os ensaios feitos, apresentem a maior identidade possível, o que não é difícil de se conseguir, desde que tenhamos cuidado de usar aparelhos tipo termotrol, indução elétrica, ou uma centrífuga TS1 da Degussa, etc. Os motivos desta exigência em uma pesquisa, são obviamente primários, não podemos nas fundições comparativas permitir a ocorrência de erros grosseiros, de superfusões variadas em suas temperaturas, volatizando componentes de ponto de fusão mais baixo e nos dando cada uma delas, um resultado com uma composição diferente, onde conseqüentemente devem variar suas propriedades. Ligas onde encontramos em suas composições cobre, zinco, estanho, níquel, por exemplo, é fácil concluirmos que uma superfusão, nos dará uma volatização acentuada do zinco e do estanho, ficando uma proporção maior de cobre e níquel. Como conseqüência teremos uma liga com propriedades físicas alteradas em relação à composição original, e devem apresentar-se mais duras e friáveis.

Uma outra observação importante a ser feita diz respeito ao número de refusões que se executam com uma liga. A cada refusão deve sempre ser empregada uma quantidade em peso de liga nova, igual ao da quantidade que está sendo refundida, posto que as refusões sucessivas, mesmo quando não ocorre superfusão, volatizando lentamente os metais de ponto de fusão mais baixos, e assim, contorna-se este problema. É importante também que sempre que se promovem estas misturas de ligas novas e refundidas, seja observado a mesma marca, para que as composições sejam idênticas, sendo assim, mantendo-se as propriedades originais da liga. Ainda cabe ressaltar que o peso da liga a ser fundida, deva ser de aproximadamente três vezes o necessário do peso do bloco a ser obtido.

Com relação ao cadinho, alguns pontos merecem ser comentados. Assim temos: sempre deve ser usado o mesmo cadinho para uma mesma liga, ou pelo menos, deverá ser trocado um revestimento de amianto para fundições diferentes em um mesmo cadinho. Outro ponto importante é a escolha da base formadora de cadinho, onde sempre devem ser preferidas as bases que

formam um cadinho mais cônico, relativamente mais profundo, para que ao ser injetada a liga fundida, tenha esta mais facilidade para penetrar no canal de alimentação. O controle de temperatura também é importante com relação ao anel de revestimento, Asgar³ afirma que 50° C a mais da temperatura preconizada, é suficiente para alterar o revestimento, e conseqüentemente a fundibilidade e a rugosidade de superfície das ligas.

Um dos mais importantes fatores para os testes de fundibilidade diz respeito ao pino formador do conduto de alimentação. Assim sendo, em pesquisa não podemos descuidar de sua padronização, quanto à sua forma, comprimento e diâmetro. No trabalho de Whitlok¹⁸, encontramos este pino em forma de “Y”, onde os braços do “Y” têm extensão igual ao comprimento dos lados do quadrado da tela de polietileno que servirá como padrão para os ensaios de fundibilidade, como vemos na figura 3.

Devido à grande variedade de ligas alternativas, observá-las atinge grande amplitude. Em alguns aspectos apresentam grande similitude; por outro lado, entretanto, comportam-se de modo bem diverso. Para exemplificar, lembramos aqui os tratamentos térmicos que não são aceitos pelas ligas do sistema Ni-Cr e Cu-Al, e de modo geral não são aceitos pelos outros sistemas. Ora, os tratamentos térmicos modificam profundamente a estrutura, e conseqüentemente as propriedades físicas, assim, cabe aqui uma pergunta: que importância tem a dureza das ligas após a fundição ser concluída, quando sabemos que os tratamentos térmicos amaciador e endurecedor, a que deveriam ser submetidas, modificariam sua estrutura e conseqüentemente sua dureza seria alterada?

Vários autores sugerem que se obtenha um aumento da resistência à oxidação, por meio de tratamento térmico homogeneizador; vemos aqui o tratamento térmico influenciando não mais nas propriedades, e sim agora nas propriedades químicas.

É do conhecimento geral e de fácil comprovação, o que poderíamos quase que chamar de individualismo, as condições apresentadas pelo quimismo oral. Se analisamos uma mesma cavidade oral sob o ponto de vista de seu pH por exemplo, e o compararmos com outros indivíduos, encontramos variações as mais diversas, e se no mesmo indivíduo fazem-se várias observações no dia, encontramos uma flutuação bastante acentuada. Isto ocorre em vários outros aspectos, e não só com relação ao pH. Tal fato é de

fácil compreensão se levarmos em conta um série de fatores, tais como: alimentação, higiene, idade e estado de sanidade bucal. Graças a estes e várias outros fatores, as modificações que se processam no ambiente bucal, influem também também no tipo da flora bacteriana, as variações térmicas advindas da própria alimentação; a maior ou menor aeração em pessoas com problemas respiratórios, entre muitos outros aspectos, poderão ser enfocados como contribuintes para uma variação no grau de oxidação de uma mesma liga, quando observada em pacientes diferentes. Bastaria, para melhor compreendermos o raciocínio, escolhermos o fator alimentação como exemplo. As dietas distintas de um outro indivíduo, apresentam uma riqueza na variedade dos teores: ácidos, básicos, do enxofre, amiláceos, fibras vegetais e mesmo a própria consistência que é de grande influência na autoclise; os itens referidos apresentam-se multiplamente variados, e também podem constituir uma dieta que auxilie, ou melhor, que diminua o processo de oxidação, como acreditamos ser o caso dos pacientes sob dieta vegetariana.

Quando estudamos os índices de contração, por meio dos coeficientes de dilatação linear, temos em mente obter uma técnica de fundição que nos dê uma compensação desta contração a mais precisa possível. Além da contração da cera do padrão, e para compensá-las na maioria das vezes temos de lançar mão de artifícios técnicos, tais como: pintar as paredes do troquel com esmalte de unha, tendo-se o cuidado para não atingir o ombro e o bisel, criando assim um espaço que facilitará a adaptação; podemos também utilizar recursos para obtermos expansão maior do molde de revestimento, valendo-nos não só da expansão natural, utilizando uma ou duas fitas de amianto, empregando a expansão higroscópica e térmica, às vezes até fazendo uma associação de quase todos estes artifícios para poder conseguir compensar satisfatoriamente a contração.

É fato corriqueiro nos laboratórios de prótese menos aparelhados, procederem desta forma: assim que submetem as ligas à ação do calor do maçarico e apresentem aspecto de fusão, são centrifugadas imediatamente. Para uma pesquisa séria porém tal modo de agir é totalmente reprovável, posto que, como já citamos em parágrafos anteriores, um ligeiro aumento de temperatura pode acarretar uma alteração na liga ou no revestimento. Devemos também levar em conta que uma temperatura entre as do “liquidus” e “solidus”, dificultará sensivelmente a capacidade de fundibilidade.

É incontestável a diferença existente entre os vários sistemas de ligas alternativas, como por exemplo Cu-Al, Ag-Sn, Ni-Cr, etc., tanto na composição quanto nas propriedades físicas. As ligas, assim denominadas por serem empregadas na tentativa de substituir as ligas de ouro, apresentam-se atualmente em avultado número, o que constatamos nos trabalhos de Moffa⁸, e que não corresponde ao número das ligas alternativas existentes no mercado mundial.

Em sentido amplo, a valorização clínica destes testes nos dariam principalmente proteção ao preparo, pela precisão de adaptação, minimizando ao máximo a infiltração, assegurando a integridade do elemento dentário. A problemática da oxidação não é só relativa à estética do trabalho, tem também importância fundamental na sua integridade e durabilidade. Devemos levar em conta o tipo de corrosão, avaliando em termos sua velocidade de evolução bem como em sua localização (uma borda de pequeno volume de material). Apesar de contarmos com valores considerados ideais para as rugosidades de superfície promoverem uma retenção correta para o bloco fundido (ou coroa), a ser fixado por meio de cimentos e que apresentem um embicamento perfeito, este assunto merece um estudo mais acurado. Relativo aos testes de resistência tênsil é nosso pensamento que a mensuração da alongação é de alta importância para a seleção do material a ser utilizado na confecção de pontes, especialmente as mais extensas, a fim de que posteriormente não venham apresentar flexão; além disto, quanto maior o índice de alongamento (módulo), maior a possibilidade de brunimento do material.

Da observação dos testes de biocompatibilidade, temos uma pergunta a fazer no que tange ao encapsulamento que ocorre com os materiais: fica a observação restrita à análise desta cápsula o que poderá nos levar a um resultado não condizente com a realidade; qual então o valor comparativo? Acreditamos que a validade existe, uma vez que deverá ocorrer com a liga alternativa o mesmo que ocorre com a liga de ouro (testemunha), daí poderem ser estabelecidos os termos comparativos. Apesar do tecido estar encapsulado, os parâmetros referenciais são significativos. Na cavidade oral as observações seriam direcionadas para a gengiva, bochecha e língua quando em contato com as ligas. Sendo superficial e inconstante, nos dois últimos locais, se observarmos no entanto um bloco metálico que atinge a cervical, este estará em contato permanente com a gengiva. A nosso ver, este seria o teste mais crítico de biocompatibilidade com os tecidos moles.

Existe outro teste de avaliação da biocompatibilidade, pela maior ou menor exsudação plasmática. Um corante é injetado por via endovenosa e identificado no exsudado inflamatório. A leitura é feita em um espectrofotômetro. Verificamos também, ainda com respeito à fusão das ligas, que algumas delas aceitam bem determinados tipos de fundentes. Um exemplo clássico disto, é o das ligas de Ag-Sn, que recebem o borax, ou seja, tetra borato de sódio, resultando num processo exato de limpeza e escorificação. Tal fato não ocorre com as ligas do sistema Cu-Al. Outro fator a comentar, relaciona-se à morfologia do padrão, pois é desta morfologia que resulta um dos problemas mais críticos para a adaptação. É o caso das coroas totais e dos blocos “MOD” (Mesio-Ocluso-Distal), que na realidade são os tipos que oferecem maiores dificuldades de adaptação. Para estes tipos é que nos valem de todos os recursos de compensação da contração que apresentamos no presente trabalho.

Após nossos estudos, podemos aconselhar que de acordo com os empregos, as ligas alternativas tais como Co-Cr, Ni-Cr, Ag-Pd, Ag-Sn, são as que a nosso ver merecem mais aceitação. Para finalizar, é imprescindível sempre em trabalhos de pesquisa em que fazemos uma série de fundições, após as inclusões, marcar com um traço no revestimento, na parte posterior do cilindro, a posição estequiométrica do padrão, em todas as fundições. Principalmente em “MOD” e nos corpos de prova de teste de fundibilidade, onde uma tela de polietileno é usada como padrão. A troca de posição pode introduzir uma variável drástica nos resultados, pois no ato da injeção da liga por centrifugação, todos os corpos de prova devem estar na mesma posição.

DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO

O estudo profundamente abordado aqui, a inter-relação das várias propriedades citadas, as extrapolações e interpolações possíveis, bem como as implicações cabíveis para o organismo em geral, constituem um manancial ilimitado a ser pesquisado, e só com o tempo iremos tendo através de inúmeros trabalhos de pesquisa que serão desenvolvidos, as respostas nos vários campos envolvidos. Adquirindo mais conhecimentos científicos e maiores possibilidades técnicas, os problemas operacionais e de custo irão

sendo superados. Aliados num esforço conjunto para obter melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como tecnologia mais precisa de fundições, estaremos contribuindo para fornecer cada vez mais, a um maior número de indivíduos, dando assim um real sentido de ciência a serviço da humanidade.

No estado atual acreditamos ser imperativa a normatização das ligas alternativas, daí repudiar-mos veementemente a pseudo-ignorância de sua existência. Do mesmo modo advogamos, sejam exigidas condições mínimas para sua aprovação de comercialização e para seu uso clínico, e que sejam normas específicas, e não termos comparativos apenas com as ligas de ouro. Levando-se em conta preceitos bem estabelecidos, não será difícil traçar uma tecnologia mais precisa com as ligas alternativas.

Achamos de fundamental importância que o dentista ou protesista conheça os meandros da miscibilidade dos metais, ou seja, a intimidade que têm os metais entre si, na formação de uma liga metálica. Como exemplo, podemos citar a miscibilidade que têm entre si os metais como ouro, cobre e prata. Processo algum físico, consegue separar o ouro do cobre ou da prata, porque este tipo de liga forma na sua estrutura um tipo de liga chamada “solução sólida”, ideal para ser empregada no meio bucal. Ocorre com as ligas de ouro e a alternativa que comparamos, pois a prata tem muita afinidade pelo paládio e ouro.

Os metais deveriam ter a mesma valência, pertencer a mesma escala eletromotriz, tamanho de átomos até 5% a 10% semelhantes, etc. Isto seria o ideal, o que não ocorre com as ligas de Cu-Al, que possuem uma faixa grande de eutético. Se comparadas as ligas de Pd-Ag com 7% de ouro, e as de Cu-Al, a diferença de potencial é marcante nas ligas de Cu-Al, onde a corrente galvânica é mais evidente, marcante se conservadas as mesmas condições.

Outro aspecto a ser considerado, é que as ligas de Ag-Pd com 7% de ouro, são consideradas seminobres, ao passo que as ligas de Cu-Al não são nobres, ou melhor, não têm traço algum de nobreza (mínimo de nobreza), o que facilita a oxidação no quimismo bucal. Quando a miscibilidade atômica não é total, torna-se fácil o deslocamento desses metais da liga. Já existem trabalhos¹¹, mostrando o deslocamento do cobre para o sangue em pacientes portadores de próteses com ligas de cobre-alumínio. Tal fato, é devido a falta de miscibilidade total de seus componentes e a ausência de nobre total. Até

no ato de fundir, a liga apresenta-se sem homogeneidade, difícil de apresentar o brilho superficial e de pouca fundibilidade ou fusibilidade. Não tivemos bons resultados com as ligas de Cu-Al, talvez não tenhamos dominado a sua técnica, pois tivemos muitos insucessos ao manuseá-la.

CONCLUSÃO

Os autores concluíram que a liga alternativa seminobre de prata-paládio, comparada com a liga de ouro convencional, desde que empregada observando seus critérios clínico-protéticos, atende de modo satisfatório as exigências.

AGRADECIMENTOS

Odontólogo Marco Aurélio Figueiredo Pereira, professor da F.O.U.F.R.J., pela análise patológica do teste de biocompatibilidade.

Engenheiro Metalúrgico Luís Henrique de Almeida, professor titular da COPPE METALURGIA U.F.R.J., pelos testes metalográficos em geral.

Médico Roberto Saraiva, membro do laboratório do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, da U.F.R.J., responsável pela realização do teste de biocompatibilidade em camundongos.

Bióloga Andréa Henriques, membro do laboratório do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, da U.F.R.J., responsável pela coordenação do teste de biocompatibilidade.

Engenheiro-de-corrosão Lucio Satler, professor titular da COPPE METALURGIA da U.F.R.J., pelo teste de Polarização Anódica.

Odontólogo Maurício Galvão, membro do laboratório de análise patológica da F.O.U.F.R.J., pela análise dos tecidos (biocompatibilidade).

Engenheiro-metalúrgico André Freitas Ribeiro, pesquisador do laboratório de propriedades mecânicas da COPPE METALURGIA da U.F.R.J.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. - Specification nº 5 for dental casting gold alloy. In: Guide to Dental Materials and Devices. 5th ed. Chicago, 1981.
- 2 - ARVISON, K. & GUNNAR, J. - Galvanic Series of Some Dental Alloys - Scand. J. Dent. Res. 85 485-91, 1977.
- 3 - ASGAR, K. & ARFAEI, A.H. - Castability of Crown an Bridge Alloy. J. Prosthet. Dent. 54 (1): 60-63, 1985.
- 4 - BESSINGER, C. & BERGMAN, M. - Metallografic Characterization of four Alternative Alloys Indented for Fixed Protheses. Acta Odontol. 44: 101-72, 1986.
- 5 - EDEN, G.T. et alii - Fit of Porceleine Fused - to Metal Crown and Bridge Casting. J. Dent. Res. 58 (12): 2360-68, 1979.
- 6 - HALLIDAY, D. & RESNICK, R. - Fisica Geral. Vol. II. 3ª ed. Rio de Janeiro, 1975.
- 7 - JOHNSON, L. N. - The Physical Properties of Some Alternative Alloys. J. Prosthet. Dent. 33 (1), 1982.
- 8 - MOFFA, J. P. et alii - Incidence of Nickel Sensibility in Dental Patients. AADR ABSTRACT, 1983.
- 9 - MOFFA, J. P. - Alternative Dental Casting Alloys. Dent. Clin. North America. 27 (4) 733-46. Oct, 1983.
- 10 - MONDELLI, J. - Estudo sobre algumas propriedades de ligas metálicas, utilizadas na obtenção de inscrustações dentais, como possíveis sucedâneos das ligas de ouro. Rev. Fac. Odont. S. Paulo. 7 (1): 41-73. jan/jun, 1969.
- 11 - METAL HAND BOOK - vol. II.
- 12 - SKINNER, E. W. - Materiais Dentários. Ed. por Ralph W. Philips. Trad. Dioracy Fonterrada Vieira. 8ª ed. Rio de Janeiro, ed. Interamericana, 1984.
- 13 - SIMÕES, E.M. et alii - Efeitos de Alguns Cimentos Cirúrgicos (Gengipac sem Eugenol) e de um Condicionador de Tecidos (Fitt) na Exsudação Plasmática e na Composição Celular de Granulomas de Alta Renovação - Parte I. Anais da Sociedade Brasileira de Pesquisas Odontológicas. Vol. I. 1985.
- 14 - SMITH, C.D. et alii - Determining the Marginal Discrepancy of Cast Complet Crown. J. Prosthet. Dent. 54 (6): 778-84. Dec, 1985.
- 15 - SMITH, D.L. - Dental Casting Alloys. Economic Considerations in the USA. 33 (1): 25-34. 1985.
- 16 - SOUNDER, W. & PAFFENBARGER, G.C. - Phisical Properties of Dental Materials. Circular 433. p. 41-42. February, 1942.
- 17 - STIOPIN, P.A. - Resistencia de Materiales. 3ª ed. Trad. Pedro Gutierrez Mora. Moscou, 1979.
- 18 - THOMPSON, D. et alii - Use of High-Copper Casting Alloys; Marginal Fit of Cast Copings. J. Prosthet. Dent. 50 (5) 654-56. Nov., 1983.
- 19 - VERMILYEA, S.G. et alii - Casting Accurancy of Base Metal Alloys. J. Prosthet. Dent. 50 (5): 651-53. Nov., 1983.
- 20 - VIEIRA, D. F. - Propriedades dos Materiais Odontológicos, 1979.
- 21 - VAN VLACK, L.H. - Princípios de Ciência dos Materiais, Michigan. Trad. Luís P. Camargo Ferrão. 8ª ed., 1988.
- 22 - WERBER, H. - The Clinical Acceptance of Dental Nickel-Chrom Alloys. J. Prosthet. Dent. 33 (1): 49-54. 1982.
- 23 - WHITLOCK, R.P. et alii - A Pratical Test to Evaluate the Castability of Dental Alloys - ABSTRACT p. 404 (nº 374).
- 24 - ZIFF, S. - Amalgama, a Tóxica Bomba-Relógio - Copyright 1984 by Sam Ziff - Thad. Angela Arantes e José A. Garcia - 1ª ed. Editora e Distribuidora Vega Lux. S. Paulo, 1987.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Um erro ocorrido na impressão, não permitiu mostrar a tabela do intervalo de fusão das ligas estudadas na separata.

Liga	Intervalo de Fusão °C
Ouro tipo IV	900 - 960
Prata-Paládio	940 - 1050

Vale lembrar que para a realização da fundição da liga de Prata-Paládio (*PALAD*), a temperatura a ser atingida, para a completa fusão, é acima do ponto de “*liquidus*”, isto é, o valor mais alto do intervalo de fusão, onde a partir desse valor, toda a liga encontra-se líquida. Entre o intervalo de fusão, a liga apresenta duas fases distintas, uma fase sólida e outra líquida, simultaneamente. O valor inferior do intervalo é o ponto de “*solidus*”. Abaixo desse ponto, analogamente, toda a liga encontra-se sólida.

Aproveitamos para anexar o gráfico colorido de Polarização Anódica, que consta na separata, na página 40, com algumas adaptações, para apontar o comportamento semelhante da liga alternativa *PALAD*, em relação à liga de ouro convencional, e também, para indicar a oxidação acentuada da liga de cobre-alumínio, para qualquer valor de potencial eletroquímico à que será empregado. A variação do potencial eletroquímico do corpo humano é de $-70,0$ até $-100,0$ mV (milivolts). Portanto, pode-se perceber pelo gráfico de polarização anódica em saliva artificial, que nesta voltagem do corpo humano, a liga de cobre-alumínio constantemente libera elétrons no meio bucal.

