



Universidade Federal de Pelotas  
Faculdade de Odontologia  
Departamento de Odontologia Restauradora  
Disciplina Unidade de Prótese Dentária I



## FUSIBILIDADE EM ODONTOLOGIA

Renato Fabrício de Andrade Waldemarin

Guilherme Brião Camacho

Oswaldo Luiz Bezzon

Oswaldo Zaniquelli

### INTRODUÇÃO

---

A adaptação cervical de restaurações indiretas (ou sua contrapartida, o desajuste cervical) é um dos principais fatores, do ponto de vista biológico, que contribuem para o sucesso destas restaurações, tendo sido, assim, extensamente estudados. Embora o desajuste tido como recomendado seja da ordem de 50 $\mu$ m, desajustes da ordem de 120 $\mu$ m têm sido relatados como aceitáveis pelos cirurgiões-dentistas (KARLSSON 1993; LEONG 1994; VALDERRAMA 1995; SAMET et. al. 1995; BESSIMO 1997).

A adaptação cervical pode interferir diretamente sobre a dissolução do cimento que une esta restauração ao dente e, pelo mesmo processo, pode provocar acúmulo de placa com conseqüentes problemas de recidiva de cárie e inflamação gengival. (SHILLINGBURG 1998; PEGORARO 1998). Os teste que medem a adaptação marginal propriamente dita se baseiam em medidas feitas diretamente nas restaurações após o assentamento ou a cimentação destas nos

seus respectivos preparos (CHRISTENSEN 1966, SORENSEN 1990, VALDERRAMA 1995, ORUÇ 2000, WALDEMARIN 2000),

Por sua vez, a adaptação cervical pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: a) contaminação da superfície interna da restauração, provocando o aumento no tamanho dos grão da liga; b) a mesma contaminação provocando diminuição da temperatura de fundição e conseqüentemente escoamento; c) nas restaurações metalocerâmicas, deposição de cerâmica no interior dos copings; d) contração da cerâmica com deformação do metal e e) diminuição da resiliência do metal, dada a alta rigidez da cerâmica (SILVER 1960), f) liberação de tensões das ligas CAMPBELL & PELLETIER, 1992), g) oxidação da camada interna da restauração (BUCHANAN et. al. 1981; CAMPBELL et. al. 1995; GEMELMAZ & ALKUMRU 1995, WALDEMARIN 2002), h) incapacidade da liga de copiar completamente todos os detalhes da restauração (SHILLINGBURG 1998; PEGORARO 1998).

Dentre os fatores acima citados, a capacidade da liga de copiar completamente todos os detalhes do padrão de cera da restauração é chamada na odontologia de fusibilidade e é o objeto do presente estudo.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

---

Fusibilidade é a capacidade de uma liga metálica de preencher completamente o espaço ocupado pelo padrão de cera, reproduzindo margens finas e pequenos detalhes deste (BEZZON 1998) e pode por sua vez ser influenciada por diversos fatores. O estudo presente irá ser dividido, para alcançar maior clareza na exposição, em a) tipos de testes e seus resultados, b) fatores referentes aos materiais utilizados e c) fatores físicos referentes ao processo de fundição.

## TIPOS DE TESTES E SEUS RESULTADOS

Os testes que visam avaliar a capacidade de um determinado fator de variação de interferir no resultado da cópia dos detalhes de uma restauração são vários. Alguns se baseiam em medidas feitas indiretamente nas margens da restauração, através da moldagem desta, com secção posterior em 6 segmentos (BROCKHURST 1983), ou em 8 segmentos (BEZZON 1990). Estas secções são fotografadas e levadas a um microscópio para leitura.

Outros testes se baseiam em malhas de cera recortadas em formato quadrado ou hexagonal que são incluídas e submetidas a todo processo de fundição. A fusibilidade é avaliada pela contagem da quantidade de quadrados que são completamente reproduzidos pela liga. Os autores que usam esta metodologia variam o tamanho e a quantidade de quadrados bem como o recorte externo da malha (WHITLOCK 1981; BEZZON 1998; TANGSGOOLWATANA; ODA; SUMII apud PAULINO, 2004).

Comparando estes dois tipos de testes, alguns autores encontraram divergências entre o resultado dos testes realizados com a utilização de malhas e os testes realizados com medidas (diretas ou indiretas) em coppings (NAYLOR 1990; PAULINO, 2004); sendo relatado que os materiais testados apresentaram melhores resultados nos teste supostamente mais confiáveis (através de medidas diretas ou indiretas no copping).

Ainda sobre este tema temos alguns autores que utilizam geometrias específicas para os testes como, por exemplo, lâminas com extremidades afiladas, discos com círculos concêntricos, cunhas e espirais (ASGAR 1985, BARRETO 1980; MONDELLI 1995).

Outros autores compararam o resultado do tipo de metodologia de fundição (centrifugação ou máquinas de câmaras de pressão) com o resultado da fidelidade de cópia, relatando melhores resultados para a técnica de centrifugação (WATANABE 2000, TAKAHASHI 1993). Outros autores ainda testaram o efeito de um sprue adicional, usado para ventilação da liga no momento da injeção, achando melhores resultados nesta técnica (CHAN 1998).

## FATORES REFERENTES AOS MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais que são utilizados nas fundições desempenham importante papel na capacidade de fusibilidade. Estes materiais podem afetar esta capacidade não só por características próprias como também tem sido relatado que a combinação liga/revestimento afeta a fidelidade de cópia do conjunto como um todo (BARRETO 1980). A interação entre a liga e o revestimento será avaliada tanto neste item quanto no próximo, segundo a conveniência para o entendimento do assunto exposto.

### *LIGA*

Como citado acima, a liga pode interferir no resultado da fusibilidade. Esta interferência pode ser causada através da fluidez da liga, embora a maioria das ligas esteja suficientemente fluida no momento em que é injetada no molde. Esta fusibilidade ainda pode ser alterada pelo valor da temperatura de fundição da liga (LACEFIELD 1983; BESSING 1986). Ligas com menores temperaturas de fundição contraem menos a partir da temperatura de *solidus* até a temperatura ambiente. Pode-se considerar ainda que, a partir de uma mesma temperatura, ligas com menores temperaturas de fusão precisam perder uma quantidade maior de calor antes de ter sua fluidez diminuída, quando comparadas àquelas com maior temperatura de fusão. Sendo assim a temperatura de fundição da liga interfere no resultado segundo a sua composição, onde ligas de maior temperatura de fusão, como as ligas à base de metais básicos e o titânio comercialmente puro e aquelas que possuam maior coeficiente de expansão térmica tendem a apresentar piores resultados na fusibilidade. (ANUSAVICE 1998). Ainda sobre este assunto sabe-se que o berílio e o nióbio diminuem a temperatura de fundição das ligas à base de metais básicos (BEZZON, 1990, BEZZON 1998; BEZZON 2001).

Segundo os mesmos autores, estes metais (Be,Nb) interferem ainda com outra propriedade da liga capaz de alterar a fusibilidade. Esta propriedade ajuda a

determinar qual o potencial da liga em molhar o revestimento e é chamada de tensão superficial (da liga em estado líquido). Quanto menor a tensão superficial, melhor a capacidade de cópia e, embora este fator em particular seja estudado mais adiante, vale dizer que tanto o berílio quanto o nióbio diminuem a tensão superficial da liga. Comparando-se a fluidez e a tensão superficial, a tensão superficial é considerada muito mais crítica para o processo de fundição.

Dentre as propriedades da liga que afetam a fusibilidade, a densidade da mesma também desempenha um fator importante (BESSING 1986), alterando a pressão com que a liga é injetada no molde através de mecanismos que também serão expostos mais adiante.

Outros fatores pertinentes à liga que também afetam a fusibilidade são seu calor específico e sua condutividade térmica, afetando o equilíbrio térmico da liga com o revestimento e, assim, a velocidade da diminuição de temperatura da liga ao ser injetada. Como estes fatores interferem na fusibilidade através da interação entre a liga e o revestimento, iremos estudar este último agora e esta interação será abordada no momento oportuno.

### *REVESTIMENTO*

No momento em que a liga começa a preencher o molde, o ar que anteriormente o ocupava precisa ter uma via de escape. Caso este ar não escape, teremos um aumento da pressão no interior do molde e isto afetará negativamente a fusibilidade, conforme veremos adiante. Para que este ar escape é necessário que existam poros no revestimento e que estes poros tenham comunicação entre si (SYVERUD & HERØ 1995, ANUSAVICE 1998). Estes poros, e esta comunicação entre os mesmos, é afetada pela quantidade de água na manipulação, pois o excesso de água, quando eliminado, gera os poros. Da mesma forma, a espessura do revestimento afeta esta comunicação. Espessuras maiores fazem com que seja mais fácil a comunicação entre o meio interno e o meio externo, porém são menos resistentes, podendo correr o risco de fraturar no momento da injeção. O tipo e tamanho das partículas do revestimento afetam estes últimos fatores. Partículas de tamanho mais uniformes geram mais espaços,

mas também um revestimento menos resistente, enquanto uma gama maior no tamanho das partículas gera um revestimento mais resistente e menos profícuo em espaços. O fabricante deve procurar um equilíbrio entre estas propriedades. Para favorecer o escoamento de ar, um conduto adicional pode ser usado (CHAN 1998)

A temperatura do revestimento desempenha outro papel fundamental (LACEFIELD 1983; BESSING 1986). Ao ser injetada no molde do revestimento a liga poderá reagir com o mesmo. A ocorrência ou não desta interação é afetada pela temperatura do revestimento (quanto mais alta mais provável a reação) e pela composição do mesmo, sendo por isso citada a necessidade de revestimentos de composição especial para o uso com titânio (TAKAHASHI 1990; MORI 1994; WANG & FENTON 1996). Esta reação pode levar óxidos e contaminantes à liga, alterando sua tensão superficial e formando uma barreira ao seu escoamento sobre o metal. Esta camada de óxidos formada pela reação da liga com o revestimento pode ainda interferir com a capacidade desta de copiar os detalhes uma vez que leva à necessidade de uma maior limpeza da liga e, assim, maior remoção de material desta, inclusive nas margens.

Entretanto, é incorreto dizer que menores temperaturas do revestimento levam a melhores resultados. Deve-se recordar que maiores temperaturas levam a maiores expansões do revestimento, e esta expansão é desejável, uma vez que visa compensar, ao menos parcialmente, a contração do metal a partir da temperatura de *solidus*. É importante dizer também que a energia de superfície do revestimento interfere na capacidade do mesmo de ser molhado pela liga, quanto maior a energia de superfície maior a capacidade de este molhamento ocorrer. Temperaturas maiores normalmente aumentam a energia de superfície dos materiais.

Na mesma linha, a partir do momento em que o metal entra em contato com o revestimento, procura entrar em equilíbrio térmico com o mesmo e, assim, tem sua temperatura diminuída (CHAN 1998). Os fatores que afetam esta diminuição da temperatura são: a temperatura do revestimento no momento da injeção da liga; a temperatura da liga no momento de sua injeção, o calor específico da liga, o

calor específico do revestimento e a condutividade térmica de ambos. É esperado que no momento em que esta temperatura possa diminuir a fluidez da liga, esta já tenha copiado todos os detalhes da restauração. Se isto ocorrer antes, devido a uma maior velocidade de resfriamento da liga, teremos uma liga com dificuldade de copiar os detalhes da restauração (CHAN 1998). Assim, existe uma corrida entre a velocidade com que a liga alcança as áreas crítica (velocidade de injeção da liga) e a velocidade de resfriamento da liga. Uma maior velocidade de injeção da liga pode compensar o resfriamento mais rápido e este item será abordado agora.

### FATORES FÍSICOS REFERENTES AO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

A velocidade com que uma liga fundida entra em um preparo, a pressão que esta exerce durante a entrada e o ângulo de contato da liga com o revestimento são alguns dos fatores físicos que afetam a fusibilidade de um processo de fundição odontológica.

#### *VELOCIDADE DE INJEÇÃO DA LIGA*

Como dito anteriormente, a velocidade de injeção da liga compete com a velocidade de resfriamento desta para conseguir uma adequada cópia dos detalhes de um molde em revestimento. Esta velocidade de injeção está diretamente relacionada com a aceleração que se tem no momento da injeção. Em uma máquina de injeção por diferença de pressão, seja com criação ou não de uma despressurização em uma das câmaras, a aceleração pode ser obtida como o produto da diferença de pressão pela área da liga sobre a qual esta pressão age, dividido por sua vez pela massa da liga, e somada à aceleração da gravidade (N.A.). Desta forma se tem a seguinte expressão para o cálculo desta aceleração (que pode ser chamada de gravidade efetiva nestes tipos de máquinas):

$$a = (\Delta P S/m) + g$$

onde P é a variação da pressão, S é a área, m é a massa e g é a gravidade local
---

Entretanto, como calcular a gravidade efetiva em processos de fundição por centrifugação?

Nestes casos a gravidade efetiva estará relacionada com a velocidade de deslocamento do braço da centrífuga ou, mais propriamente, com a velocidade angular do braço da centrífuga ou a velocidade linear de deslocamento desta.

No momento da injeção da liga, o cilindro de revestimento, o cadinho e conseqüentemente o metal fundido segue uma trajetória que se assemelha à apresentada na figura 1 abaixo:

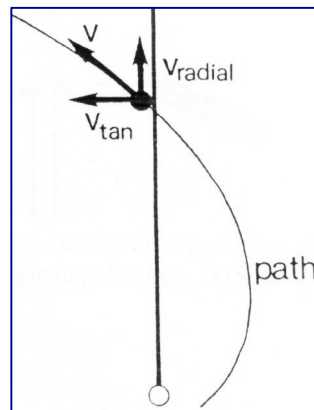


Figura 1: trajetória da liga no momento do início da centrifugação

Em um dado momento poderíamos tentar uma simplificação do esquema para um modelo de movimento circular uniforme conforme figura 2 abaixo:

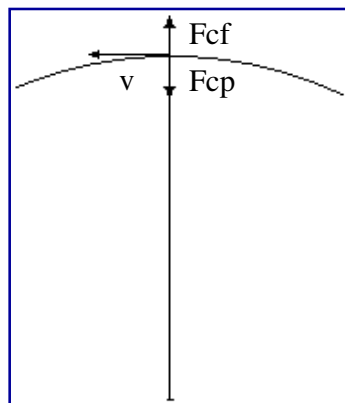


Figura 2: Modelo simplificado do movimento da liga,  $V$  é velocidade linear da centrífuga,  $F_{cf}$  é força centrífuga e  $F_{cp}$  é força centrípeta.



A força centrífuga de deslocamento é o que irá fornecer a aceleração necessária para que a liga entre no interior do molde de revestimento.

Esta força, por sua vez, tem módulo e direção iguais aos da força centrípeta, cuja aceleração é dada por  $a = v^2/r$  ( $r$  é o raio do braço da centrífuga), e ainda tem-se que a velocidade é igual ao produto do perímetro da circunferência ( $2\pi r$ ) pela frequência de giro ( $n$ ), donde  $v = 2 \pi r n$ .

Prosseguindo tem-se que:

$$a = v^2/r$$

$$v = 2 \pi r n$$

$$a = (2 \pi r n)^2 / r = 4 \pi^2 n^2 r$$

Percebe-se pela expressão que duas maneiras de se elevar a aceleração de injeção da liga seriam ou aumentar o número de giros (LACEFIELD 1983; BESSING 1986), mantendo-se o raio, ou aumentar o raio, mantendo-se o número de giros, ou aumentar ambos.

Evidentemente, deve-se lembrar que esta aceleração é vetorial e a aceleração final influenciada pela aceleração da gravidade. Desta forma, quanto maior for a aceleração centrífuga, mais a resultante vetorial tem uma direção horizontal, que é a que interessa ao processo. Um modelo de analogia passível de ser usado é aquele no qual dois tubos de ensaio estão nos braços de uma centrífuga para decantação; quanto maior o giro da centrífuga, mais os tubos assumem uma posição horizontal. O mesmo processo se aplica aos arremessadores de martelo nos esportes olímpicos, ao “chapéu mexicano” nos parques de diversão ou a um pai girando o filho pelos braços. Quanto mais velozmente eles giram, mais o componente da aceleração centrífuga impõe-se sobre a gravidade e assim, mais a criança assume uma posição horizontal.

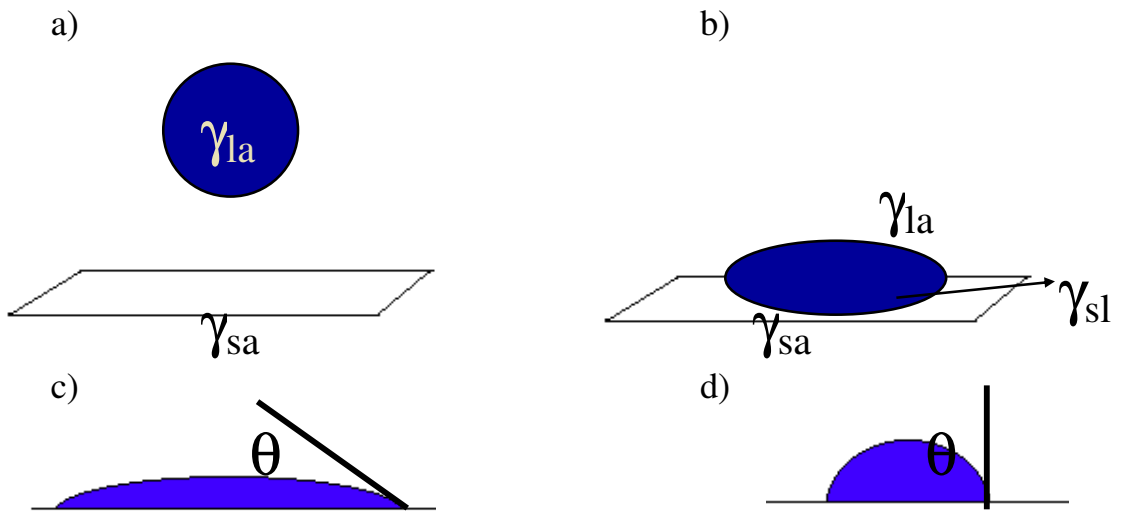
Uma vez definida a velocidade com que a liga entra no molde, passar-se-á a analisar como os outros fatores influenciam esta fusibilidade.

*Tensão superficial, energia de superfície e ângulo de contato*

Energia de superfície e tensão superficial são os nomes dados à energia necessária para criar novas superfícies, em se tratando de substâncias sólidas e líquidas, respectivamente. Estas grandezas são originadas das forças intermoleculares de coesão e de adesão e resultam da maneira como as moléculas da superfície do líquido são atraídas pelas moléculas em seu interior e pelas moléculas da(s) substância(s) ao seu redor. Como estas energias variam com os meios circundante, chamá-la-emos genericamente de energia interfacial, simbolizada por  $\gamma$ .

Como abordado em itens anteriores, estas propriedades dos materiais afetam diretamente a capacidade da liga fundida de molhar o revestimento.

Para entender a maneira como isso ocorre, observe-se a figura 3a, 3b, 3c e 3d abaixo:



**Aumentam** =  $\gamma_{la} A_{la} + \gamma_{sl} A_{sl}$

**Diminui** =  $\gamma_{sa} A_{sa}$

**Diminuem** =  $\gamma_{la} A_{la} + \gamma_{sl} A_{sl}$

**Aumenta** =  $\gamma_{sa} A_{sa}$

Figura 3: Esquema do equilíbrio que origina um determinado ângulo de contato:

Na figura 3<sup>a</sup>, temos uma gota qualquer caindo sobre uma placa de um material qualquer. Esta gota, no ar, possui em toda sua volta uma energia de interface ( $\gamma_{la} - \gamma_{\text{líquido/ar}}$ ) dada pela sua interação com o ar, o mesmo se dá com o sólido ( $\gamma_{sa} - \gamma_{\text{sólido/ar}}$ ). No momento em que esta gota cai na placa (fig 3b), ela cobre uma determinada área desta, criando uma nova interface com outra energia interfacial ( $\gamma_{sl} - \gamma_{\text{sólido/líquido}}$ ). Uma vez que é natural o sistema buscarem um estado de menor energia, e que (normalmente) a  $\gamma_{sl}$  é menor que a  $\gamma_{la}$ , há uma tendência do líquido se espalhar por sobre o sólido. A contribuição de cada interface com a energia total do sistema pode ser determinada multiplicando-se a energia interfacial ( $\gamma$ ) respectiva pela área (A) que ela ocupa. Assim, a energia total do sistema será dada por;

$$E_{\text{total}} = \gamma_{la} A_{la} + \gamma_{sl} A_{sl} + \gamma_{sa} A_{sa}$$

Note, nas figuras 3c e 3d, que à medida que o líquido se espalha, mais os valores de ( $\gamma_{la} A_{la} + \gamma_{sl} A_{sl}$ ) aumentam, enquanto ( $\gamma_{sa} A_{sa}$ ) diminui, o contrário ocorrendo quando o líquido se espalha menos.

Dessa forma, é possível determinar o ângulo  $\theta$  que irá fornecer o estado de menor energia ao sistema, onde:

$$\cos \theta = (\gamma_{as} - \gamma_{sl}) / \gamma_{la} \quad (\text{equação de Young})$$

Note-se que líquidos com alta tensão superficial molham menos (metais em estado líquido, p. ex.: mercúrio) e superfícies de baixa energia de superfície também molham menos (ex.: ceras).

Assim, é possível perceber-se que o ângulo formado entre a liga e as paredes do molde, nas margens do preparo, é dado pelas energias interfaciais dos produtos em questão. Isso se evidencia na figura 4, que também coloca outro tipo de indagação: Uma vez que os ângulos tangentes em 4a e 4b são iguais, o que leva o sistema a assumir um ou outro estado?

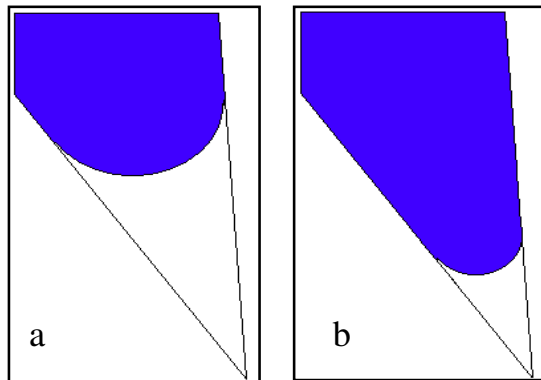


Figura 4 : Ângulo formado entre uma liga e um revestimento hipotéticos.

Tome-se a gota da figura 3 a. Se for feito um corte nesta gota, no seu diâmetro máximo, ter-se-ia uma força agindo ao redor desta gota que pode ser quantificada como o produto da sua tensão superficial pelo perímetro do diâmetro máximo:  $F = \gamma l a 2 \pi r$

Uma vez que esta força age sobre a área do líquido ao redor da qual ela está, tem-se que a diferença de pressão nesta área do líquido em relação ao meio externo é de:

$$\Delta P = F/A = \gamma l a 2 \pi r / \pi r^2 = \gamma l a 2 r = 2\gamma l a/r$$

O raio do segmento de esfera encontrado na margem do preparo (que define a área sobre a qual a pressão será exercida) pode ser determinado pela distância entre as paredes opostas de contato da liga dividido por dois. Doravante este raio será chamado  $R_1$ .

A força perpendicular á área definida por  $R_1$  é determinada pela expressão:

$$F = 2 \pi R_1 \gamma l a \cos(\theta).$$

E a pressão desenvolvida no interior do líquido nesta região é:

$$\Delta P = F/A = 2 \gamma l a \cos(\theta) / R_1$$

Percebe-se daí, que quanto menor o raio do segmento de esfera, maior deve ser a diferença entre a pressão interna e a pressão externa.

Lembrando-se que a pressão sobre uma coluna de líquido pode ser dada por:

$$\Delta P = d g h$$

Onde  $d$  é densidade,  $g$  é gravidade ou, no caso, gravidade efetiva, e  $h$  é a coluna de líquido.

Pode-se escrever que:

$$\Delta P = d_{\text{liga}} g_{\text{efetiva}} h = 2 \gamma \lambda \cos(\theta) / R_1$$

Assim, relacionam-se os valores inerentes aos materiais, como a densidade, com aqueles referentes ao processo, como a gravidade efetiva e aqueles referentes à interação entre ambos, como ângulo de contato.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

1. ANUSAVICE, K.J. **Materiais Dentários de Phillips**. 10 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1998.
2. ASGAR, K. ARFEI, A.H. Castability of crown and bridge alloys. **J Prosthet Dent**. v. 54, n.1, p 60-63, 1985
3. BARRETO, M. T. ; GOLDBERG, A. J. NITKIN, D. A., MUNFORD, G. Effect of investment on casting high fusion alloys. **J Prosthet Dent**. v. 44, n.5, p 504-507, 1980.
4. BARVELL, B.W. **Materials Science for Dentistry**, 6 ed. Hong Kong, 2000.
5. BEZZON O. L. **Efeito do berílio, nióbio e carbono em propriedades fundamentais das ligas de Ni-Cr para restaurações metalocerâmicas**. 1990. 183fls. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo).
6. BEZZON, O. L.; de MATTOS, M. DA G.; RIBEIRO, R. F.; ROLLO, J. M. D. A.. Effect of berullium on the castability and resistance of ceramometal bonding in nickel-chromium alloys **J. Prosthet Dent**. V. 80, n. 5, p 570-574, Nov. 1998.
7. BROCKHURS, P.J.; McLVERTY, U. G.; KASLOFF, Z. a castability standard for alloys used in restorative dentistry. **Oper Dent**, v. 8, n.4, p. 130-139, 1983

8. BESIMO, C.; JEGER, C.; GUGGENHEIM, R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM techniques. *Int J Prosthodont*, v.10, n.6, p. 541-546, Nov-Dec. 1997.
9. BESSING, C. Evaluation of the castability of four different alternative alloys by measuring the marginal sharpness. *Acta Odontol Scand*, v. 44, n. 3, p. 165-172, 1986.
10. . BEZZON, O. L.; RIBEIRO, R. F.; ROLLO, J. M. D. A. CROSSARA, S. Castability and resistance of ceramometal bonding in Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys **J. Prosthet Dent**. V. 85, n. 3, p 299-304, Mar. 2001.
11. BUCHANAN, W. T.; SVARE, C. W.; TURNER, K. A. The effect of repeated firings and strength on marginal distortion in two ceramometal systems. **J. Prosthet. Dent**, v.45, n.5, p.502-506, May. 1981.
12. CAMPBELL, S. D.; PELLETIER, L. B. Thermal cycling distortion of metal ceramics: Part II - etiology. **J. Prosthet. Dent**, v.68, p.284-289, May. 1992.
13. CAMPBELL, S. D.; SIRAKIAN, A.; PELLETIER, L. B.; GIORDANO, R. A. Effects of firing cycle and surface finishing on distortion of metal ceramic castings. **J. Prosthet. Dent.**, v.74, n.5, p.476-481, Nov. 1995.
14. CHAN, D. C. N.; BLACKMAN, R.; KAISER, D. A.;CHUNG, K. The effect of sprue design on the marginal accuracy of titanium castings. **J Oral Rehabil**, v.25, n.6, p. 424-429, Jun. 1998.
15. CHRISTENSEN, G. Marginal fit of gold inlay castings. **J Prosthet Dent**, v. 16, n.2, p.297-375, 1966
16. GEMALMAZ, D.; ALKUMRU, H. N. Marginal fit changes during porcelain firing cycles. **J. Prosthet. Dent.**, v.73, n.1, p.49-54, Jan. 1995.
17. KARLSSON, S. The fit of Procera titanium crowns: A in vitro and clinical study. **Acta Odontol Scand**, v. 51, p.129-134, 1993.
18. LEONG, D. K.; CHAI, J. Y.; GILBERT, J. L. Marginal fit of machine-milled and cast titanium single crowns. **Int J Prosthodont**, v.7, n.5, p.440-447, 1994.
19. MONDELLI, J. **Ligas alternativas para restaurações fundidas** Panamericana, São Paulo, 1995

20. MORI, T.; JEAN-LOUIS, M.; MASAHIKO, Y.; TOGAYA, T. The effect of investment type on the fit of cast titanium crowns. **Aust. Dent. J.**, v.39, n.6, p.348-352, 1994.
21. NAYLOR, W. P. ; MOORE, B. K. PHILLIPS, R. W. GOODACRE, C.J. MUNOZ, C. A. Comparison of two tests to determine the castability of dental alloys **Int J Prosthodont.** V3. n5. p 413 – 424, 1990
22. ORUÇ, S.; TULUNOGLU, Y. Fit of titanium and a base metal alloy metal-ceramic crown. **J Prosthet Dent**, v 83, n. 3, p 314-318, Mar. 2000.
23. PAULINO S. M. **Avaliação da fusibilidade do titânio fundido por cera perdida em termos comparativos a uma liga de Ni-Cr e outra de Ni-Cr-Be.** Tese (Doutorado em Reabilitação Oral – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo)
24. PEGORARO, L. F.; **Prótese fixa**, Série EAP-APCD volume 7, 1ª ed, 1998
25. SAMET, N.; RESHEFF, B.; GELBARD, S.; STERN, N. A CAD/CAM system for the production of metal copings for porcelain fused to metal restorations. **J Prost Dent**, v 73, n. 5, p 457-463, May. 1995.
26. SHILLINGBURG, H. T.; HOBBO, S.; WHITSETT, L.D.; JACOBI, R.; BRACKETT, S. E. Fundamentos de prótese fixa 3ª ed, Quintessence editora, São Paulo, 1998.
27. SILVER, A. B. M.; KLEIN, G.; HOWARD, M. C. An avaluation and comparison of porcelains fused to cast metals. **J. Prost. Dent.**, v.10, n.6, p.1055-1064, Nov-Dec. 1960.
28. SORENSEN, J. A. A standardized meted for determination of crown margin fidelity **J Prost Dent**, v. 64, n.1, p. 18-24, 1990
29. SYVERUD, M.; HERØ, H. Mold filling of Ti castings using investments with different gas permeability. **Dent Mater**, v.11,n.1,p.14-18, Jan. 1995.
30. TAKAHASHI, J.; KIMURA, H.; LAUTENSCHLAGER, E. P.; CHERN LIN, J. H.; MOSER, J.B.; GREENER, E. H. Casting pure titanium into commercial phosphate-bonded SiO<sub>2</sub> investment molds. **J. Dent. Res.**, v.69, n.12, p.1800-1805, Dec. 1990.

31. VALDERRAMA, S.; ROEKEL, N. V.; ANDERSSON, M.; GOODACRE, C. J.; MUNOZ, C. A. A comparison of the marginal and internal adaptation of titanium and gold-platinum-palladium metal ceramic crowns. **Int J Prosthodont**, v.8,n.1,p.29-36, Jan-Feb. 1995.
32. WALDEMARIN, R. F. A.; CROSARA, S.; ZANIQUELLI, O. BEZZON, O.L.; Efeito da diluição do Rematitan Plus líquido sobre as dimensões de uma incrustação MOD. **Pesqui Odontol Bras**, v.14 ,n.3 ,p.283-286, jul/set. 2000.
33. WANG, R. R.; FENTON, A. Titanium for prosthodontic applications: A review of the literature. **Quintessence Int**, v.27,n.6,p.401-408, Jun 1996.
34. WATANABE, I.; WATKINS, J. H.; NAKAJIMA, H.; ATSUTA, M.; OKABE, T. Effect of pressure difference on the quality of titanium casting. **J Dent Res**, v.76 ,n.3 ,p.773-779, Mar. 1997.
35. WHITLOCK, R. P.; HINMAN, R. W.; EDEN, G. T.; TESK, J. A.; DICKENS, G. A practical test to evaluate the castability of dental alloys. **J Dent Rest** v.60, p. 404, 1981.