

Caracterização *in vitro* de um novo sistema de resina composta de laboratório

In vitro characterization of a new laboratory composite resin

RESUMO

Objetivo: este estudo caracterizou algumas propriedades de uma resina composta de processamento laboratorial (Resilab, Wilcos do Brasil), indicada para confecção de coroas com e sem metal, pontes anteriores e posteriores, *inlays*, *onlays* e facetas laminadas.

Metodologia: as propriedades avaliadas foram rugosidade superficial, dureza, resistência à flexão, resistência adesiva a três ligas metálicas (Au, NiCr e CoCr) e microinfiltração da interface resina/metal. Todos os espécimes foram submetidos a dois ciclos de polimerização, conforme instruções do fabricante. Dez espécimes circulares (4x3 mm) foram preparados para os testes de dureza (VHN) e rugosidade superficial (Ra). A resistência flexural em três pontos (MPa) foi medida a partir de espécimes retangulares (10x5x2 mm), sob velocidade de 1 mm/min. Os ensaios que envolveram ligas metálicas (resistência adesiva e microinfiltração) foram submetidos à análise estatística ($p < 0,05$) (Anova, Tukey, Kruskal-Wallis).

Resultados: não houve diferenças entre as médias de resistência de união. Quanto à infiltração marginal, o grupo CoCr diferiu dos grupos Au e NiCr em espécimes sem retenção mecânica e submetidos a ciclagem térmica.

Conclusão: considerando os resultados deste estudo *in vitro* e a literatura pesquisada, o sistema Resilab mostrou comportamento satisfatório quanto às propriedades estudadas. A resistência de união não dependeu da liga metálica utilizada.

Palavras-chave: Resinas Compostas; Dureza; Polimento Dentário; Resistência ao Cisalhamento; Infiltração Dentária.

ABSTRACT

Aim: this study aimed to determine some of the properties of a laboratory composite indicated for metallic and non-metallic crowns, anterior and posterior bridges, *inlays*, *onlays* and laminate veneers.

Methodology: the properties evaluated were surface roughness, flexural strength, shear bond strength to three metal alloys and the microleakage at the composite/metal interface. All specimens were subjected to cycles of polymerization, according the manufacturer instructions. Ten round specimens (4x3 mm) were prepared for hardness (VHN) and surface roughness tests (Ra). The three-point flexural strength was measured on rectangular shaped specimens (10x5x2 mm), at 1 mm/min speed. The experiments involving dental alloys (bond strength and microleakage) were submitted to statistical analysis ($p < 0,05$) (Anova, Tukey, Kruskal-Wallis).

Results: there were no statistically significant differences between the bond strength means. As for the marginal leakage, the CoCr group differed of the Au and NiCr groups in specimens without mechanical retention and subjected to thermocycling.

Conclusion: according to our results and the literature search, the Resilab system showed satisfactory performance regarding the properties evaluated. The bond strength was not dependable on the metal alloy used.

Key-words: Composite Resins; Hardness; Dental Polishing; Shear Strength; Dental Leakage.

Renata Marques de Melo*
Graziela Ávila Prado Galhano**
Luiz Felipe Valandro***
Marco Antonio Bottino****

* Doutora em Prótese (Faculdade de Odontologia, UNESP, São José dos Campos).

** Doutora em Prótese (Faculdade de Odontologia, UNESP, São José dos Campos).

*** Prof. Assist. do Dept. de Odontologia Restauradora da Universidade Federal de Santa Maria. Doutor em Prótese (Faculdade de Odontologia, UNESP, São José dos Campos).

**** Prof. Adjunto do Dept. de Materiais Odontológicos e Prótese (Universidade Estadual Paulista - UNESP, São José dos Campos.).

Endereço para correspondência:

Renata Marques de Melo
R. Euclides miragaia, 620, apto 82
12245-820, SJCampos, SP
E-mail: remarme@yahoo.com.br
Enviado: 12/8/2009.
Aceito: 23/11/2009.

INTRODUÇÃO

Várias resinas de laboratório têm sido desenvolvidas sob o forte argumento de que têm mais vantagens que outros materiais estéticos. Sabe-se que poucas pesquisas, que não sejam feitas pelos próprios fabricantes, têm sido realizadas com estes materiais.

Devido a algumas limitações inerentes às suas propriedades e dificuldades na técnica restauradora, a utilização das resinas em restaurações diretas tem indicação limitada. Dentre as limitações do material estão a contração de polimerização, resistência ao desgaste, dificuldade de polimerização completa e estabilidade dimensional, e como dificuldades técnicas têm-se o tamanho da restauração, capacidade do paciente de tolerar os procedimentos e habilidade do Cirurgião-dentista para realizar restaurações funcionais. Por estes motivos, as resinas laboratoriais representam uma importante opção estético-restauradora.

De acordo com Ward¹ (2003), as restaurações indiretas em resina composta são ideais para se substituir restaurações pré-existentes e em estado insatisfatório, cuja extensão não permite a utilização de resinas compostas diretas e nem justificam a confecção de coroas. Indicações restritas como essa indicam a necessidade de se melhorar as propriedades dos compósitos indiretos. Interfaces estáveis, menor desgaste nas regiões de contatos oclusais e prevenção da absorção de água e baixa adesão a metais (quando comparadas às restaurações metalocerâmicas) parecem ser as mais imediatas².

Pode ser que a adesão na interface metal/compósito seja influenciada por diversos fatores como a contração de polimerização da resina, os coeficientes de expansão térmica dos dois materiais e ainda a presença de retenções na superfície metálica. Assim, o objetivo deste estudo *in vitro* foi caracterizar as propriedades intrínsecas de um novo compósito laboratorial, bem como seu comportamento quando utilizado como revestimento para metais.

MATERIAL E MÉTODOS

A resina composta de laboratório ResiLab (Wilcos do Brasil, Petrópolis, RJ) apresenta a seguinte composição química básica: matriz orgânica: BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGMA, monômeros metacrilatos, Fotoiniciadores, Inibidores, Pigmentos; carga: copolímeros de resina, dióxido de silício, quartzo, Silicato de Bário Alumínio, Dióxido de Silicato de Alta Dispersão, carga cerâmica.

As seguintes propriedades da resina foram avaliadas:

Rugosidade superficial: foram confeccionadas 10 amostras do material com dimensões de 2 mm de espessura e 10 mm de diâmetro. Para isto,

foram seguidas as recomendações do fabricante, quanto ao procedimento de polimerização do material. Após terem sido obtidas, todas as amostras foram polidas de forma padronizada usando o seguinte procedimento: desgaste com uma broca de carbide tungstênio + polimento com borrachas abrasivas e com disco de feltro/pasta diamantada. Após as amostras terem sido armazenadas (água destilada / 37 °C / 7 dias), 1 média de 6 análises de rugosidade Ra (Mitutoyo SJ-201P) foi obtida para cada amostra.

Resistência à flexão: 10 espécimes retangulares da resina Resilab foram confeccionadas, utilizando-se uma matriz de aço com dimensões de 10x5x2 mm, entre duas lâminas de vidro e tiras de Myller nas porções superior e inferior. Após armazenamento em água por 24h, eles foram submetidos ao teste de flexão em três pontos em máquina de ensaio universal (1 mm.min⁻¹) (EMIC, Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, São José dos Pinhais, PR - Brasil) e os valores de resistência à flexão foram calculados pela fórmula: $F = 3P_f L / WH^2$, onde, " P_f " é a carga máxima para que o espécime frature (Kgf), " L " é a distância entre os suportes (6 mm), " W " é a largura média do espécime e " H " é a altura do espécime. Os dados foram convertidos de Kgf/mm² para MPa.

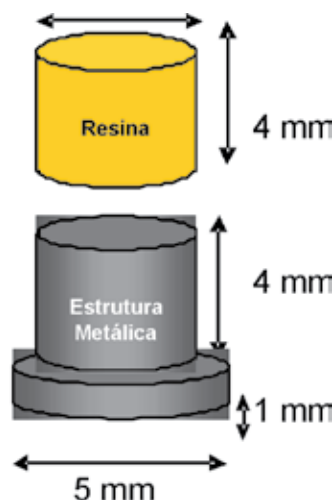


Figura 1. Esquema do corpo de prova para experimento de resistência de união e respectivas dimensões.

Dureza: a dureza Vickers (VHN) das superfícies superior e inferior de oito espécimes circulares planas (3x4 mm) da resina Resilab foi medida depois de 24h usando-se um microdurômetro (FM model, Future-Tech Corp., Tokyo, Japan). A indentação foi feita com carga de 50g por 10 s, em três diferentes locais.

Resistência de união: para esse experimento foi utilizada a resina laboratorial Resilab (Wilcos do Brasil) e as ligas metálicas 4 all-Ivoclar (NiCr), Argeloy NP-Argen (CoCr), Degulor M – Degussa Dental (Au), conforme a figura 1.

Para a realização do ensaio mecânico de cisalhamento, utilizou-se um dispositivo em aço temperado composto por duas partes independentes (Fig. 2), idealizado por Itinoche *et al.*³ (1999). A peça A, de forma cilíndrica, teve uma adaptação planejada com 4 mm de espessura nesta parede, permitindo a introdução da peça B no seu interior. Essa peça interna (B) do dispositivo seguiu a mesma configuração da externa (A) e exerceu a função de êmbolo durante o ensaio mecânico.

Na face plana de cada estrutura A e B foram realizadas perfurações com 4 mm de diâmetro de forma que a da peça A estivesse superiormente deslocada em relação à perfuração da peça B. A coincidência entre os

orifícios permitiu a introdução do corpo-de-prova por meio de ambas as peças, simultaneamente. Desta forma, a porção de resina da amostra permaneceu alojada no interior do êmbolo (B), enquanto a metálica foi situada na estrutura A.

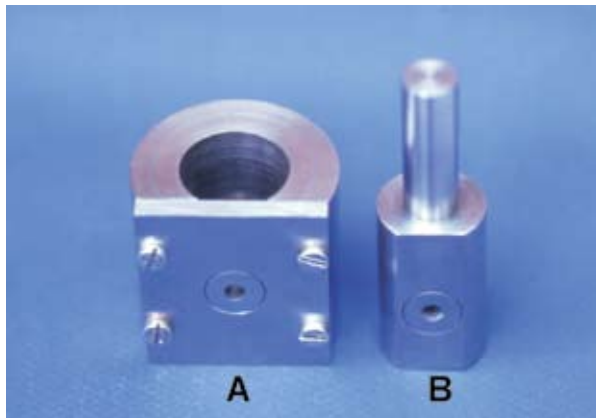


Figura 2. Dispositivo para o ensaio mecânico: A- peça externa; B- peça interna.

O conjunto (Fig. 2) foi posicionado em uma máquina de ensaio universal Instron modelo 4301 com célula de carga com capacidade de 1000 kgf. Sobre o prolongamento cilíndrico superior de B a máquina desenvolveu velocidade constante de 1 mm/min até a fratura do corpo-de-prova, obtendo, assim o valor máximo de carga em Kgf suportada pela interface

metal/resina. A força de rompimento da interface (Kgf) foi dividida pela área da interface adesiva (mm^2) e posteriormente multiplicada por 9,8 para obtenção da tensão de ruptura em MPa.

Microinfiltração marginal: amostras de três ligas metálicas foram confeccionadas, conforme mostra a figura 3. Foram confeccionados dois padrões em resina acrílica (Duralay/Reliance), em forma de concha com 7,5 mm de diâmetro, 4,0 mm de altura e 0,5 mm de espessura, sendo que um recebeu retenções mecânicas (micro esferas de retenção/Ivoclar) e outro permaneceu liso.

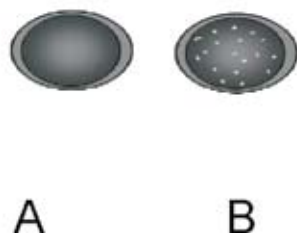


Figura 3. Amostras de metal antes da aplicação da resina: sem retenções (A) e com retenções (B).

As ligas de CoCr (Wirobond - Bego), NiCr (Wiron NT - Bego) e Au (Stabilor G - Degussa Dental). Após a confecção das amostras metálicas, a resina foi aplicada sobre o metal, conforme as recomendações do fabricante.

Foram empregados nesta pesquisa a termociclagem zero (armazenamento em água) e a termociclagem com 3000 ciclos, em dois banhos de 30 segundos cada, com temperaturas variando de 5° a 55° e tempo de passagem de 1 segundo.

Para a análise de microinfiltração, os corpos de prova foram posicionados em base de resina acrílica incolor (Clássico Jet). Para avaliação da microinfiltração na interface metal/resina foi utilizado líquido penetrante

para detecção de defeitos superficiais (Metal Check/ D-70, penetrante fluorescente). A quantidade de penetração do líquido foi classificada segundo o grau de infiltração sugerido por Jones *et al.*⁴ (1991):

Grau 0 = nenhuma evidência de infiltração

Grau 1 = ¼ da área da interface do corpo-de-prova com infiltração

Grau 2 = 1/2 da área da interface do corpo-de-prova com infiltração

Grau 3 = ¾ da área da interface do corpo-de-prova com infiltração

Grau 4 = infiltração em toda área da interface do corpo-de-prova.

RESULTADOS

Rugosidade superficial

Valor médio de rugosidade superficial da Resilab (Ra): 0,14µm

Resistência à flexão

Valor médio de resistência à flexão da Resilab: 79,96 MPa

Microdureza superficial

Valor médio da microdureza superficial da Resilab: 65,69 VHN

Resistência de união

Resistência de união entre ResiLab e metais:

O objetivo foi avaliar a resistência adesiva entre a resina ResiLab e três diferentes metais: Ouro (Au), Cromo Cobalto (CoCr) e Níquel Cromo (NiCr), usando o ensaio de cisalhamento.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de resistência de união (MPa).

	Au	CoCr	NiCr
N	8	8	8
Média	11,26	14,77	18,7
DP	6,92	7,24	10
CV	61,5	49	54

N = número de CP por grupo; DP = desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação

Tabela 2. Valores médios de resistência adesiva dos grupos estudados (Tukey, p<0.05).

GRUPOS	MÉDIA (MPa)*
Au	11,26 ^a
CoCr	14,77 ^a
NiCr	18,70 ^a

*Letras iguais significam semelhança estatisticamente significativa.

Considerando os resultados obtidos com a análise estatística realizada (Tab. 1 e 2) e um intervalo de confiança de 95%, é possível observar que os grupos não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Teste de microinfiltração

Diante das inúmeras variáveis consideradas para este teste, os resultados foram analisados somente de acordo com a variável “liga metálica”. Quando confrontados os desempenhos das ligas metálicas, após o teste estatístico de Kruskal-Wallis, nenhuma diferença foi constatada em relação à infiltração marginal, exceto no caso das ligas termocicladas e sem retenção. Desses, o grupo “CoCr sem retenção/com ciclagem” diferiu dos grupos “Au sem retenção/com ciclagem” e “NiCr sem retenção/com ciclagem”.

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) foram os seguintes:

Tabela 3. Médias de infiltração marginal, considerando os grupos ciclados e com retenção mecânica.

Ligas	Médias
Au	13,4 ^a
CoCr	12,0 ^a
NiCr	16,6 ^a

*Letras iguais significam semelhança estatisticamente significante.

Tabela 4. Médias de infiltração marginal, considerando os grupos ciclados e sem retenção mecânica.

Ligas	Médias
Au	12,0 ^a
CoCr	18,0 ^b
NiCr	12,0 ^a

*Letras iguais significam semelhança estatisticamente significante.

*Letras diferentes, significam diferença estatisticamente significante.

Tabela 5. Médias de infiltração marginal, considerando os não-ciclados e com retenção mecânica.

Ligas	Médias
Au	15,8 ^a
CoCr	13,3 ^a
NiCr	12,9 ^a

*Letras iguais significam semelhança estatisticamente significante.

Tabela 6. Médias de infiltração marginal, considerando os não-ciclados e sem retenção mecânica.

Ligas	Médias
Au	12,0 ^a
CoCr	16,60 ^a
NiCr	13,4 ^a

*Letras iguais significam semelhança estatisticamente significante.

Apesar de tais resultados, as amostras (uma de cada grupo) submetidas à análise por meio de microscopia eletrônica de varredura (aumento: 500x) não demonstraram grandes diferenças nas imagens da interface metal/resina, como ilustrado pelas fotomicrografias abaixo (Fig. 5, 6, 7 e 8), considerando-se a seguinte legenda: **M** – metal, **RC** – resina composta.

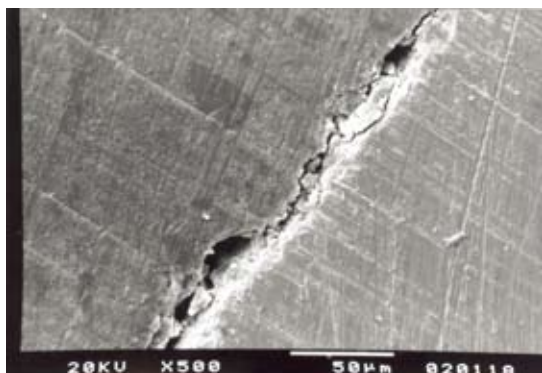


Figura 5. CoCr ciclado com retenção mecânica.

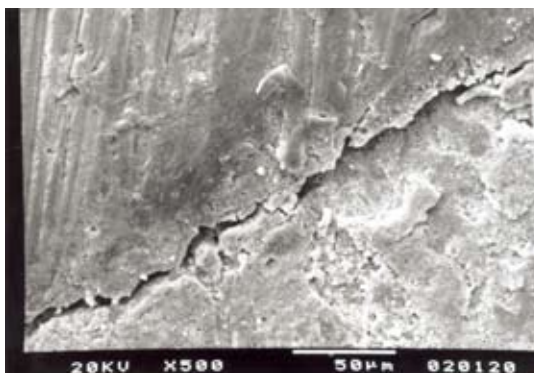


Figura 6. CoCr ciclado sem retenção mecânica.



Figura 7. NiCr ciclado com retenção mecânica.



Figura 8. Au não-ciclado com retenção mecânica.

DISCUSSÃO

Rugosidade superficial

A lisura superficial das restaurações diminui a retenção de resíduos alimentares, células epiteliais e bactérias, além de retardar o processo de descoloração do

material na boca. Bollen *et al.*⁶ (1997) considerou a média de 0,2µm (Ra) como valor limite, abaixo do qual não haveria uma redução da colonização bacteriana sobre o material restaurador. Assim, a média de rugosidade superficial da resina estudada (0,14µm Ra) é satisfatória. A durabilidade do polimento, entretanto, é imprevisível⁷, justificando a necessidade de estudos clínicos para se determiná-la.

Resistência à flexão

A resistência média à flexão da Resilab foi de 79,96 MPa, estando entre 70 MPa e 100 MPa a média de outras resinas já estudadas. Do ponto de vista clínico, mesmo com polimerização secundária, o uso desses materiais indiretos em próteses mais extensas deve ser indicado com precaução⁷.

A morfologia das partículas de carga e o tipo dessas partículas influenciam a resistência flexural dos compósitos⁹. Ressalta-se que à medida que a carga inorgânica é aumentada, a translucidez de resinas pode diminuir. O formato esferoidal facilita agregar maior quantidade de carga e, ao mesmo tempo, aumenta a rugosidade superficial. Desta forma, é fundamental avaliar estas características conjuntamente em trabalhos futuros.

Microdureza

A microdureza tem sido utilizada para avaliar o grau de polimerização de resinas compostas. A microdureza média de resinas compostas está em torno de 100 VH. Mandikos *et al.*⁷ em 2001 encontraram diferenças significantes na microdureza e resistência ao desgaste dos cerômeros Artglass, BelleGlass HP, Sculpture e Targis. Devido às semelhanças no tamanho e quantidade das partículas destes materiais, as diferenças obtidas foram atribuídas aos componentes da matriz polimérica ou ao método de polimerização. A similaridade na composição das partículas da Resilab (BisGMA, UDMA, TEGMA, Borossilicato de Bário, partículas de 0,05µm) com aquelas das resinas estudadas por Mandikos *et al.*⁷ (2001) (*ex* Targis, BisGMA, UDMA, partículas de 0,3-1µm), também ocorre, o que revela a necessidade de se observar rigorosamente a instruções do fabricante quanto à polimerização do material.

A dureza superficial de um material caracteriza as propriedades é um parâmetro importante na determinação da capacidade de polimento e abrasividade⁷. Um material muito duro pode desgastar o dente antagonista durante o contato e, por outro lado, se for pouco resistente ao desgaste, pode comprometer a longevidade da restauração. Por isso, as características superficiais de um material restaurador devem ser próximas daquelas da dentição natural.

Resistência ao cisalhamento

No que tange a resistência de adesão a metais, é possível constatar que apesar de o NiCr ter oferecido maiores valores de união à Resilab, esta-

tisticamente os resultados não foram diferentes entre as ligas. Utilizando a mesma metodologia deste estudo, Itinoche *et al.*³, em 1999, compararam o polímero de vidro Artglass e o cerômero Targis quanto à adesão a três tipos de ligas metálicas: Au, NiCr e CoCr. Os autores não detectaram diferenças entre as ligas, embora os valores de adesão tenham sido maiores para o cerômero. Isso significa que a união metal/resina depende muito do sistema estético utilizado. Além disso, o tratamento da superfície metálica exerce grande influência sobre a adesão a compósitos. Luthy *et al.*¹¹ (1990) estudaram a capacidade de adesão de 3 resinas a uma liga de NiCr e concluíram que o Silicoater, combinado ao jateamento com óxido de alumínio foi responsável por melhores resultados.

Microinfiltração

Mediante os resultados do teste de microinfiltração marginal, é possível afirmar que para todas as condições experimentais o fator “tipo de retenção” não foi responsável por diferenças na infiltração entre resina e metal. Acompanha o Kit Resilab o ativador de superfície ou silano. Os agentes silanos apresentam uma reconhecida capacidade de otimizar a adesividade de materiais resinosos a substratos metálicos⁹. O emprego deste agente de ligação química associado à retenção macro-mecânica (micro-esferas) parece ser uma opção mais segura a fim de otimizar a retenção da resina a materiais metálicos¹³⁻¹⁴, diminuindo o tamanho das fendas na interface. Yoshida *et al.*¹⁵ (1997) mostraram que o jateamento de ligas de CoCr com óxido de alumínio também favorece a adesão entre cimento resinoso e o óxido de cromo. Acredita-se que o opaco da resina interaja da mesma forma com o metal adjacente, além do fato de que o jateamento provoca irregularidades sobre a liga metálica, que são preenchidas pelo opaco de consistência fina⁹.

Ao se considerar o “fator termociclagem”, o grupo da liga de CoCr sem retenção e termociclado apresentou maior susceptibilidade à microinfiltração. Entretanto, essa tendência à infiltração foi observada em somente um dos espécimes (provavelmente por falha durante a inserção da resina), que influenciou a análise de todo o grupo. Ohno *et al.*¹⁶ (1998) observaram que a umidade pode influenciar negativamente o comportamento mecânico da interface adesiva. Entretanto, Kern & Thompson¹³ (1994) acreditam que a ciclagem térmica pode inclusive aumentar as forças de união metal/resina, diminuindo a susceptibilidade à microinfiltração. A microscopia eletrônica da varredura das interfaces das diferentes ligas com a resina Resilab revelou a presença de fendas. Não houve uma correlação entre a termociclagem e o tamanho das fendas e por isso a resistência mínima à microinfiltração, necessária para o sucesso clínico, ainda não foi estabelecida. Estudos de fadiga em meio úmido e estudos clínicos podem ser necessários para que se comprove a confiabilidade da interface metal-resina.

CONCLUSÃO

- o compósito laboratorial Resilab apresentou boas propriedades mecânicas e boa adesão aos metais, mesmo em face da ciclagem térmica. Contudo, sob ação dos estresses bucais (térmico, mecânico e químico), as propriedades da resina e sobretudo as interfaces com as ligas metálicas podem diminuir sua resistência, justificando a necessidade de estudos clínicos com o sistema Resilab.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFI/CTA em São José dos Campos, na pessoa do Sr. Eduardo Mineiro, pela ajuda na colocação do líquido penetrante nas amostras de infiltração marginal.

REFERÊNCIAS

1. Ward DH. Predictable esthetic indirect restorations. *Comp Cont Educ Dent* 2003; 24(8): 48-52.
2. Göhring TN, Besek MJ, Schimidlin PR. Atritional wear and abrasive surface alteration of composite resin materials *in vitro*. *J Dent* 2002; 30(2): 119-27.
3. Itinoche MK *et al.* Study of the shear bond strength between metal alloys and composite materials for aesthetic veneer: ceromer and polyglass. *C Odontol Bras* 1999; 2(2): 70-8.
4. Jones RM *et al.* Microleakage and Shear Bond Strength of resin and porcelain veneers bonded to cast alloys. *J Prosthet Dent* 1991; 65 (2): 22-8.
5. Bottino MA, Oliveira VGS, Bottino MCM. Avaliação *in vitro* através de líquido penetrante entre uma liga de titânio (Reintitan til/Dentaurum) e dois sistemas estéticos: Artglass e Targis. *Rev Bras Prot Clin Laborat* 2002; 4(19): 234-40.
6. Bollen CML, Lambrechts P, Quiryren M. Comparison of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997; 13(4): 258-69.
7. Nagem Filho H, D'Azevedo MTF, Nagem HD, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. *Braz Dent J* 2003, 14(1): 37-41.
8. Cesar PF, Miranda Júnior, WG. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2001; 86(3): 289-96.
9. Kim KH, Ong JI, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites *J Prosthet Dent* 2002, 87: 642-9.
10. Mandikos MN *et al.* A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent* 2001; 85(4): 386-95.
11. Luthy, H; Marinello, CP; Scharer, P. Factors influencing metal-resin tensile bond strength to filled composites. *Dent Mater* 1990, 87(6): 73-6.
12. Freitas AP, Francisconi PAS. Effect of a metal primer on the bond. strength of the resin-metal interface *J App Oral Sci* 2004; 12(3):113-16.
13. Oliveira VGS. Avaliação *in vitro*, através de microscopia eletrônica de varredura da interface entre liga de NiCr e dois sistemas estéticos: polímeros de vidro e cerômero [Dissertação de Mestrado]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos da UNESP; 1999.
14. Vojvodic *et al.* The bond strength of polymers and metal surfaces using the silicoater technique. *J Oral Rehab* 1995, 22 (7): 493-8.
15. Yoshida, K; Taira; Y; Sawase T; Atsuta M. Effects of adhesive primers on bond strengths of self-curing resin to cobalt-chromium alloy *J of Prosthet Dent*, 1997, 77(6): 617-20.
16. Ohno, H *et al.* Adhesion of adhesive resin to dental precious metal alloys Part 1: new precious metal alloys with base metals for resin bonding. *Dent Mater J* 1998, 17(4): 275-84.
17. Kern M, Thompson VP. Influence of prolonged thermal cycling and water storage on the tensile bond strength of composite to NiCr alloy. *Dent Mater*, 1994, 10(1):19-25.