

# Resistência à flexão de cimentos resinosos com polimerização dual

## Flexural strength of dual polymerization resin cements

### Resumo

**Objetivo:** Avaliar a resistência à flexão de três cimentos resinosos com polimerização dual, em comparação com um cimento resinoso autopolimerizável e um cimento de fosfato de zinco.

**Metodologia:** Oito corpos-de-prova (4x4x30mm) foram confeccionados com cada material testado: três cimentos resinosos de polimerização dual, RelyX ARC (3M), Enforce (Dentsply) e Dual Cement (Vigodent); um cimento resinoso autopolimerizável, Cement-Post (Angelus); e um cimento de fosfato de zinco (DFL). O teste de resistência à flexão de três pontos foi realizado em uma máquina de ensaios universal com velocidade de 0,5mm/min. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey.

**Resultados:** Os valores médios de resistência à flexão foram 76,80MPa para RelyX ARC, 79,40MPa para Enforce, 83,43MPa para Dual Cement, 51,87MPa para Cement-Post e 8,96MPa para o cimento de fosfato de zinco. Os cimentos resinosos com polimerização dual não apresentaram diferença de resistência flexural estatisticamente significativa entre si, mas foram diferentes dos demais tipos de cimento. Houve diferença entre o cimento resinoso autopolimerizável e o cimento de fosfato de zinco.

**Conclusão:** A resistência à flexão foi afetada pelo tipo de cimento, sendo que os cimentos resinosos com polimerização dual apresentaram os maiores valores.

**Palavras-chave:** Cimento resinoso; polimerização dual; resistência à flexão

### Abstract

**Purpose:** To assess the flexural strength of three dual polymerization resin cements in comparison with one autopolymerizing resin cement and one zinc phosphate cement.

**Methods:** Eight specimens (4x4x30mm) were made of each tested material: three dual polymerization resins cements, RelyX ARC (3M), Enforce (Dentsply) and Dual Cement (Vigodent); one autopolymerizing resin cement, Cement-Post (Angelus); and a zinc phosphate cement (DFL). The three-point flexural strength test was performed using a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5mm/min. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and Tukey test.

**Results:** The mean values of flexural strength were 76.80MPa for RelyX ARC, 79.40MPa for Enforce, 83.43MPa for Dual Cement, 51.87MPa for Cement-Post, and 8.96MPa for zinc phosphate cement. The dual polymerization resin cements did not show significant difference of flexural strength, but they were different from the other cement types. Flexural strength values of autopolymerizing resin cement and zinc phosphate cement were statistically different.

**Conclusion:** Flexural strength was affected by cement type, and the dual polymerization resin cements had the highest values.

**Key words:** Resin cement; dual polymerization; flexural strength

**Cresus Vinícius Depes de Gouvêa<sup>a,b</sup>  
Thales Ribeiro de Magalhães Filho<sup>a</sup>  
Karin de Mello Weig<sup>a</sup>  
Juliana Nunes da S. Meirelles Dória<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Faculdade de Odontologia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil

<sup>b</sup> Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFF, Niterói, RJ, Brasil

<sup>c</sup> Laboratório de Biotecnologia Aplicada (LABA), UFF, Niterói, RJ, Brasil

### Correspondência:

Cresus Vinícius Depes de Gouvêa  
Rua São Paulo, 30 – Valonguinho  
Niterói, RJ – Brasil  
24040-110  
E-mail: cresusgouvea@gmail.com

Recebido: 17 de janeiro, 2008  
Aceito: 01 de março, 2008

## Introdução

A Odontologia tem valorizado a máxima preservação de estrutura dental durante procedimentos operatórios. Para tanto há necessidade de materiais restauradores alternativos aos preparos dentais retentivos, que normalmente apresentam características invasivas. Uma característica desejável é a adesão à estrutura dentária no caso de restaurações indiretas, quando a forma do preparo não proporciona a retenção do trabalho protético de forma mecânica (1).

O cimento resinoso é responsável pela união mecânica do material restaurador indireto ao dente preparado (2). Sua composição é semelhante a de resinas compostas, porém em diferentes proporções (3). Os cimentos resinosos são compostos por uma matriz de Bis-GMA (bisfenol A-metacrilato de glicidila) ou UDMA (uretano dimetacrilato) em combinação com outros monômeros de menor peso molecular, como o TEGMA (trietilenoglicol dimetacrilato). Contém também monômeros resinosos bifuncionais, com grupamentos funcionais hidrofílicos, HEMA (hidroxietil metacrilato) e 4-META (4-metacriloxietil trimelitano anidro), que modificaram a composição orgânica do cimento resinoso em relação às resinas compostas e promoveram a união mecânica com a superfície da dentina, que frequentemente fica exposta nos dentes preparados (4). Em sua composição também estão presentes cargas inorgânicas (partículas de vidro e sílica coloidal) tratadas com silano (5). A matriz orgânica dos cimentos resinosos é reforçada por partículas inorgânicas, com conteúdo em peso variando entre 36 a 77%, que se apresentam nas formas angulares, esféricas ou arredondadas. De acordo com o tipo de partículas, estes cimentos podem ser classificados em microparticulados ou híbridos. Os microparticulados possuem partículas com tamanho médio de 0,04µm e seu conteúdo varia de 46 a 48% do volume. Os híbridos apresentam partículas com tamanho médio de 0,6 a 2,4µm e seu conteúdo em volume varia de 52 a 60% (4).

Em relação à reação de polimerização, o cimento resinoso pode ser fotopolimerizável (polimerização por luz visível), autopolimerizável (polimerização por reação química) ou com polimerização dual ou dupla (polimerização por luz visível e por reação química) (3,6). Os cimentos resinosos com polimerização dual apresentam polimerização física, por meio da luz halógena, que atua sobre monômeros fotoiniciadores, como as cetonas aromáticas (canforoquinona), e polimerização química, mais lenta, que acontece através de peróxido de benzoíla e aminas promotoras da reação, ocorrendo mesmo nas porções mais profundas onde a luz pode não alcançar (7). O cimento continua a ganhar resistência por certo tempo devido à polimerização por ativação química (5).

Assim, os cimentos resinosos de polimerização dual são indicados principalmente para restaurações indiretas estéticas (8). Quando a opacidade e a espessura das restaurações interferem na quantidade de energia luminosa que deve ser transmitida ao cimento, a intensidade da luz deve ser

suficiente para iniciar o processo de polimerização do cimento, necessitando da presença de um catalisador que assegure a polimerização máxima. A ação dos dois sistemas de ativação (emissão de luz + reação química) aumenta o grau de conversão dos monômeros em polímeros e melhora as propriedades físicas do cimento (9,10).

O desenvolvimento dos tratamentos superficiais das peças metálicas permitiu a utilização dos cimentos resinosos em substituição aos cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro. Alguns cimentos de dupla polimerização também são indicados para cimentação de coroas metálicas ou pinos intrarradiculares (9). Os cimentos resinosos de polimerização dual possuem vantagens em relação aos cimentos de fosfato de zinco e cimentos de ionômero de vidro, tais como: baixa solubilidade em fluido oral (11-13); reforço à estrutura dental remanescente (12); potencial para mimetizar as cores (13); e força de união muito alta em esmalte e dentina pela associação com os sistemas adesivos (11,12). Por promoverem retenção adicional, são úteis quando as formas de retenção e resistência adequadas dos preparos dentais foram perdidas (13-15), onde a coroa clínica é curta ou quando há acentuada convergência do preparo, levando a um prognóstico clínico mais favorável (8).

Os cimentos resinosos com polimerização dual também apresentam vantagens em relação aos cimentos resinosos autopolimerizáveis, porque a dupla polimerização oferece ao profissional o controle sobre o tempo de trabalho; facilita a remoção de excessos do material, diminuindo o tempo necessário para a finalização do procedimento; gera segurança em relação à estabilidade e ao posicionamento da peça protética sobre o preparo; e proporciona uma reação mais lenta, permitindo que haja um tempo maior para o relaxamento do estresse de contração (8). Porém, tais cimentos também possuem desvantagens, tais como: sensibilidade técnica (16); maior dificuldade de assentamento da peça e do selamento marginal quanto maior for o conteúdo de partículas de carga na composição, pela maior espessura de película (3); possibilidade de infiltração marginal e sensibilidade pulpar (11); e quando não são submetidos à fotopolimerização, somente a reação química não é capaz de promover a conversão máxima dos monômeros em polímeros (12).

O conhecimento das propriedades físico-mecânicas dos cimentos resinosos é de fundamental importância, podendo comprometer o desempenho clínico dos cimentos e, conseqüentemente, o desempenho clínico do trabalho protético em longo prazo (12). Os dentes estão sujeitos a forças de compressão e de flexão impostas pelo elemento dental antagonista. O teste de resistência à flexão detecta alterações mecânicas na estrutura do material (17), visto que resulta em forças complexas de compressão, tração e cisalhamento (5). Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar a resistência à flexão de três cimentos resinosos com polimerização dual, comparando-os com um cimento resinoso autopolimerizável e um cimento de fosfato de zinco.

## Metodologia

Cinco cimentos foram utilizados neste estudo, sendo três grupos de cimentos resinosos com polimerização dual: Grupo 1 – RelyX ARC (3M – Saint Paul, MN, EUA); Grupo 2 – Enforce (Dentsply – Petrópolis, RJ, Brasil); Grupo 3 – Dual Cement (Vigodent – Rio de Janeiro, RJ, Brasil); Grupo 4 – cimento resinoso autopolimerizável Cement-Post (Angelus – Londrina, PR, Brasil); e Grupo 5 – cimento de fosfato de zinco (DFL – Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Foram confeccionados 8 corpos-de-prova de cada material, a partir de uma matriz de silicone de adição (Silicone de Duplicação Stern Tek – Sterngold, Alemanha), totalizando 40 corpos-de-prova com as dimensões de 30mm de comprimento, 4mm de largura e 4mm de espessura. Os cimentos foram manipulados de acordo com as especificações de seus respectivos fabricantes e vertidos na matriz de silicone até seu completo preenchimento. Foi utilizada uma tira de poliéster transparente para planificação da superfície do cimento, e sobre esta tira foi colocada uma placa de vidro para que o material sofresse pressão uniforme, com remoção do excesso.

A fotopolimerização dos cimentos resinosos com polimerização dual foi realizada em três etapas visto que o comprimento do corpo-de-prova era 30mm e o diâmetro da ponta do fotopolimerizador era 10mm. O aparelho utilizado para a fotopolimerização foi o LED modelo Rádi (SDI Limited Bayswater, Austrália), tendo como especificações técnicas: 90-264V, 50/60Hz, 2va e 440-480nm. A fotopolimerização foi iniciada em uma das extremidades do corpo-de-prova, com exposição à luz por 60s. Em seguida, moveu-se o aparelho para região imediatamente adjacente e repetiu-se o procedimento, tomando-se cuidado para minimizar a área com dupla exposição. Os corpos-de-prova foram removidos da matriz flexível para a polimerização da superfície oposta, seguindo o mesmo procedimento. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada em temperatura ambiente por 24 horas antes da realização dos testes.

O teste de flexão de três pontos foi realizado em uma máquina universal de ensaios modelo Versat 500 (Panambra Industrial e Técnica AS, São Paulo, SP, Brasil), com célula de carga de 500N para os cimentos resinosos e de 50N para o cimento de fosfato de zinco, à velocidade de 0,5mm/min, até a ruptura do material. Cada corpo-de-prova foi suportado por dois cilindros distantes 20mm. A resistência flexural foi calculada através da equação

$$\sigma_f = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

onde F é a carga máxima, em Newton, exercida sobre a amostra; l é a distância em milímetros entre os suportes, com precisão de  $\pm 0,01$ mm; b é a largura da amostra, em milímetros, medida imediatamente antes do teste; h é a altura da amostra, em milímetros, medida imediatamente antes do teste. Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA e teste de Tukey, ao nível de significância de 0,01 (18).

## Resultados

Os valores médios de resistência à flexão dos cimentos avaliados e seus respectivos valores de desvio-padrão são apresentados na Tabela 1. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos de cimentos ( $P < 0,001$ ). Os cimentos resinosos com polimerização dual (Grupos 1, 2 e 3) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas nas comparações destes cimentos com o cimento resinoso autopolimerizável (Grupo 4) e com o cimento de fosfato de zinco (Grupo 5), bem como na comparação dos dois últimos entre si.

**Tabela 1.** Comparação das médias de resistência flexural (em MPa) dos cinco grupos de cimentos testados (n=8/grupo).

Grupo	Cimento	Média*	Desvio-padrão
1	RelyX ARC (3M)	76,80 <sup>a</sup>	9,22
2	Enforce (Dentsply)	79,40 <sup>a</sup>	11,02
3	Dual Cement (Vigodent)	83,43 <sup>a</sup>	13,38
4	Cement-Post (Angelus)	51,87 <sup>b</sup>	6,22
5	Cimento Fosfato de Zinco (DFL)	8,96 <sup>c</sup>	1,21

\* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ao nível de significância de 0,01 (ANOVA e teste de Tukey).

## Discussão

Os resultados com os materiais testados demonstraram que a resistência à flexão de cimentos resinosos com polimerização dual é no mínimo 25% maior que a do cimento resinoso autopolimerizável e cerca de dez vezes a do cimento de fosfato de zinco. A literatura ainda é escassa em relação à resistência à flexão de cimentos resinosos com polimerização dual. Porém, muitas pesquisas analisaram resistência adesiva ao cisalhamento, à tração e à microtração, e também mostraram superioridade destes cimentos nestas outras propriedades, sugerindo um provável melhor comportamento clínico. A resistência à flexão é a propriedade mecânica que melhor traduz o conjunto de tensões que ocorrem clinicamente (19), uma vez que durante a aplicação do teste de resistência à flexão, tem-se a formação de tensões de compressão, tração e cisalhamento no corpo-de-prova, o que permite visualizar as alterações mecânicas ocorridas na estrutura do material (20).

Os três cimentos resinosos com polimerização dual apresentaram valores semelhantes de resistência à flexão. Outros estudos anteriores também não relataram diferença significativa de resistência ao cisalhamento entre dois cimentos resinosos com polimerização dual, Enforce (Dentsply) e Panavia F (Kuraray) (21), assim como de resistência à microtração entre Panavia F (Kuraray) e RelyX (3M) (22). Por outro lado, Conceição et al. (23) analisaram a resistência à remoção por tração de pinos de fibra de vidro cimentados

com cimento resinoso de polimerização dual RelyX (3M), cimento resinoso fotopolimerizável Lute-It (Jeneric/Pentron) e cimento resinoso autopolimerizável Cement-It (Jeneric/Pentron) e concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os cimentos resinosos, independentemente dos diferentes tipos de reação de polimerização. Além disso, em outro trabalho sobre resistência adesiva ao cisalhamento testando três cimentos resinosos com polimerização dual, Enforce (Dentsply), Scotchbond Resin Cement (3M) e Variolink Professional Set (Vivadent), houve diferença entre os cimentos, sendo que Scotch Resin Cement e Enforce foram superiores ao Variolink Professional Set (7).

No presente estudo, os cimentos resinosos com polimerização dual apresentaram resistência à flexão superior aos cimentos autopolimerizáveis. Lu et al. (6) investigaram a influência dos meios de polimerização dos cimentos resinosos e concluíram que os cimentos resinosos com polimerização dual obtiveram maiores valores de resistência à flexão, correlacionando esse melhor resultado ao seu maior índice de conversão (24,25). Attar et al. (16) estudaram diversas propriedades dos cimentos de fixação e também concluíram que os cimentos resinosos com polimerização dual apresentaram a melhor combinação de propriedades físicas e mecânicas, ressaltando que a fotopolimerização destes cimentos é imprescindível para maximizar sua resistência. Li e White (15) estudaram as propriedades físicas de cimentos resinosos e não resinosos, concluindo que quanto mais resinoso é o cimento, maior será a sua resistência à flexão.

O cimento fosfato de zinco apresentou valor de resistência à flexão significativamente inferior aos cimentos resinosos. No entanto, é um padrão de comparação para os novos sistemas de cimentação por ser o cimento mais antigo (5). Durante a confecção dos corpos-de-prova para o teste de flexão, houve dificuldade para obter uma polimerização uniforme dos cimentos segundo o protocolo de irradiação em três etapas, uma ao lado da outra, sem espaço entre elas. Segundo Manhart et al. (26), a intensidade de luz não é uniforme por todo o diâmetro da ponta do fotopolimerizador, ficando assim duas áreas possivelmente menos irradiadas que poderiam influenciar nos resultados. Como o próprio Manhart relatou esta dificuldade e a especificação nº 27 da ADA sugere que a fotopolimerização seja feita desta maneira, parece lícito concluir que esta dificuldade ainda é um problema sem solução.

## Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a resistência à flexão foi afetada pelo tipo de cimento, sendo que os cimentos resinosos de dupla polimerização apresentaram os maiores valores.

## Agradecimentos

Agradecemos o auxílio financeiro da FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - para a realização do presente trabalho. Número do Processo: E-26/152.763/2005.

## Referências

1. Traitel M. Avaliação dos cimentos resinosos Enforce e DualCement na cimentação de restaurações de porcelana pura através de teste de tracionamento pelo sistema expansor EMIC. *Rev bras odontol* 1998; 55:100-3.
2. Kitasako Y, Burrow MF, Katahira N, Nikaido T, Tagami J. Shear bond strengths of three resin cements to dentine over 3 years in vitro. *J Dent* 2001;29:139-44.
3. Beloti AM, Varjão FM, Segalla JCM, Andrade LEH. Avaliação da espessura de película de cimentos resinosos. *J bras odontol clín* 2000;4:33-6.
4. Góes MF. Cimentos resinosos. São Paulo: Artes Médicas; 1998.
5. Anusavice KJ. Phillips materiais dentários. 11ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2003.
6. Lu H, Mehmood A, Chow A, Powers JM. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. *J Prosthet Dent* 2005;94:549-54.
7. Pinheiro RF, Silva E Souza JR MH, Crepaldi D. Avaliação da resistência adesiva de porcelana fixada à dentina com três cimentos resinosos de dupla polimerização. *JBC j bras clin estet odontol* 2000;4:53-6.
8. Prakki A, Carvalho RM. Cimentos resinosos dual: características e considerações clínicas. *Pós-Grad Rev Fac Odontol Sao Jose dos Campos* 2001;4:21-6.
9. Caughman WF, Chan DCN, Reuggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent* 2001;86:101-6.
10. Jung H, Friedl H, Hiller A, Haller A, Schmalz G. Curing efficiency of different polymerization methods through ceramic restorations. *Clin Oral Investig* 2001;5:156-61.
11. Fraga RC, Luca-Fraga LR, Pimenta LA. Physical properties of resinous cements: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2000;27:1064-7.
12. Maia LG, Vieira LC. Cimentos resinosos: uma revisão de literatura. *JBD* 2003;2:258-62.
13. Bottino MA, Quintas AF, Miyashita E, Giannini V. Estética em reabilitação oral metal free. São Paulo: Artes Médicas; 2001. p.264-280.
14. Browning WD, Nelson SK, Cibirka R, Myers ML. Comparison of luting cements for minimally retentive crown preparations. *Quintessence Int* 2002;33:95-100.
15. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999;81:597-609.
16. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent* 2003; 89:127-34.
17. Smisson DC, Diefenderfer KE, Strother JM. Effects of five thermal stressing regimens on the flexural and bond strengths of a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2005;30:297-303.

18. Costa Neto PLO. Estatística. São Paulo: Edgard Blucher; 2002. p. 149-173.
19. Carvalho LD, Rebelatto C, Chain M, Maia HP. Avaliação da resistência à flexão de resinas compostas fotoativadas por LEDs. *Rev bras odontol* 2005;62:76-9.
20. Gonçalves PF, Panzeri FC, Panzeri H, Sinhoreti MAC. Avaliação da resistência à flexão de compósitos restauradores diretos fotoativados por luz halógena e por diodo emissor de luz (LED). *RFO UPF* 2004;9:88-91.
21. Pagani C. Resistência de união dentina/cimentos resinosos/ materiais indiretos e tratamento de superfície. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2004;58:189-94.
22. Leite FP, Bottino MA, Kimpara ET, Valandro LF, Andreatta Filho OD, Lopes AG. Resistência à microtração entre dois cimentos resinosos e uma cerâmica vítrea de di-silicato de lítio. *Revista Odonto* 2003;11:41-50.
23. Conceição AA, Conceição EN, Silva RB. Resistência à remoção por tração de pinos de fibra de vidro utilizando-se diferentes agentes de cimentação. *Rev odonto ciênc* 2002;17:409-414.
24. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil* 2001;28:1022-8.
25. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002; 29:257-62.
26. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater* 2000;16:33-40.