

Propriedades dos cimentos de ionômero de vidro: uma revisão sistemática

Glass ionomer cements properties: a systematic Review

Raphaella Juvenal da Silva¹, Michellini Sedycias de Queiroz¹, Talita Ribeiro Tenório de França¹, Cláudio Heliomar Vicente da Silva², Lúcia Carneiro de Souza Beatrice³

¹ Aluna do mestrado de Odontologia - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

² Doutor em Odontologia (Dentística e Endodontia). Professor Adjunto de Dentística da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³ Doutora em Odontologia (Dentística). Professora associada de Dentística da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

DESCRITORES:

Cimentos de Ionômero de Vidro - Propriedades Físicas. Materiais Biocompatíveis.

Keywords:

Glass ionomer cements - Physical Properties. Biocompatible Materials.

RESUMO

O objetivo da dentística é de preservar a estrutura dental sadia e o recompor do tecido perdido, buscando, através do emprego de materiais e técnicas restauradoras adequadas, evitar recidivas, devido ao aparecimento de novas lesões de cárie dentária. Dentre esses materiais, os que mais se destacam, pelo caráter terapêutico, são os cimentos de ionômero de vidro. Este trabalho objetivou realizar uma revisão sistemática acerca das publicações sobre as propriedades físicas, mecânicas e biológicas dos cimentos de ionômero de vidro, de forma a avaliar os resultados encontrados na literatura. As publicações foram selecionadas a partir de uma pesquisa em base de dados (Medline - Literatura Internacional em Ciências da Saúde, BBO - Bibliografia Brasileira de Odontologia e Scopus) no período de 2000 a 2008, utilizando os termos: cimento de ionômero de vidro, propriedades mecânicas e biocompatibilidade. Pôde-se observar que houve uma certa padronização nas metodologias, o que facilitou a comparação dos trabalhos. A maioria dos trabalhos relatou limitações físicas e mecânicas do cimento de ionômero de vidro e constatou que a grande vantagem dos cimentos ionômero de vidro convencionais em relação a outros materiais é a biocompatibilidade, que, por sua vez, não pôde ser verificada nos cimento de ionômero de vidro modificados por resina.

ABSTRACT

The objective of the dentistry is the x preservation of healthy tooth structure and rebuilding the lost tissue, searching through the use of materials and restorative techniques appropriate, to prevent relapses or even appearance of new lesions of dental caries. Among these materials, those that stand out because their therapeutic nature, are glass ionomer cements (GICs). The aim of this study is conduct a systematic review of publications about the physical, mechanical and biological weapons of CIVs in order to evaluate the results found in the literature. The publications were selected from a search in database (Medline - Literature International Health Sciences, BBO - Brazilian Bibliography of Dentistry and Scopus) in the period from 2000 to 2008, using the words: glass ionomer cements, properties mechanical and biocompatibility. It was noted that there was a certain standardization of the methodologies descriptions, which make easier the comparison of publications. Most of the studies reported mechanical and physical limitations of GICs and found that the major advantage of conventional glass ionomer cements comparing to other materials is biocompatibility, which could not be found in resin modified glass ionomer cements.

125

Endereço para correspondência

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde,
Curso de Odontologia
Avenida Prof. Moraes Rêgo, 1235 - Cidade Universitária
50670-901 - Recife / PE - Brasil

INTRODUÇÃO

Os ionômeros de vidro surgiram dos estudos pioneiros de Wilson & Kent no final da década de 1960 e chegaram ao mercado em 1975, passando depois por sucessivos desenvolvimentos. Atualmente, o cimento de ionômero de vidro (CIV) está disponível em duas formulações: o ionômero de vidro convencional e o ionômero de vidro híbrido ou modificado por resina¹².

Os cimentos ionoméricos convencionais dependem uni-

camente da reação de cura ácido-base e suas vantagens são: (a) liberação de fluoreto durante longo tempo em serviço, anticariogenicamente; (b) boa adesão, ligando-se quimicamente à estrutura do dente, às ligas não preciosas e ao ouro recoberto com estanho. Suas desvantagens são: (c) susceptibilidade à desidratação; (d) muito baixa resistência à tração; (e) muito baixa tenacidade à fratura. Essas características requerem limitadas melhorias possíveis na sua consistência coesiva¹².

Com o objetivo de melhorar as propriedades físicas e diminuir a sensibilidade à umidade, surgiram os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. Estes contêm

monômeros orgânicos polimerizáveis, geralmente hidroxietilmetacrilato (HEMA), o que proporciona uma reação adicional de polimerização, que pode ser autoativada ou foto-ativada. Entretanto, a inclusão de HEMA também provocou aumento dos efeitos tóxicos e, como consequência, os ionômeros de vidro modificados por resina têm sido apontados como mais citotóxicos que os convencionais^{40,1}.

O termo biocompatibilidade é definido como “a habilidade de um material exercer sua função, proporcionando uma boa resposta do hospedeiro”. Esta definição está inserida no conceito de biofuncionalidade e não é uma propriedade única, mas um conjunto de processos que ocorrem através da interação dos tecidos com o material artificial²⁸.

O cimento de ionômero de vidro convencional sempre foi considerado um material biocompatível para aplicações em dentística, pois apresenta as seguintes propriedades: pequena reação exotérmica, rápida neutralização e liberação de íons benéficos como sódio, alumínio, silício, fósforo e flúor em condições neutras e cálcio em condições ácidas. Exceto o alumínio, esses íons são utilizados em uma variedade de reações fisiológicas, muitas das quais são associadas ao processo de remineralização da superfície dentária. O alumínio liberado pode apresentar toxicidade, mas isso não ocorre devido à sua baixa liberação e pequena biodisponibilidade²⁸.

Os materiais restauradores devolvem a função mastigatória e a maioria destes entra em contato e interage com os tecidos e fluidos orais, portanto a seleção do material deve levar em consideração as propriedades físicas e mecânicas e a compatibilidade biológica ou biocompatibilidade¹⁴.

Neste sentido, foi realizada uma revisão sistemática com o objetivo de mostrar os principais resultados obtidos em trabalhos publicados entre os anos 2000 e 2008 sobre as propriedades do cimento de ionômero de vidro, a fim de aperfeiçoar seu uso na prática clínica.

126

METODOLOGIA

Trinta e nove artigos versando sobre propriedades do cimento de ionômero de vidro, publicados em periódicos científicos indexados, foram selecionados aleatoriamente, a partir de uma pesquisa bibliográfica, nas seguintes bases de dados: Medline – literatura internacional em ciências da saúde, Scielo, Bireme e Scopus, nos quais foram empregados os termos: cimentos de ionômeros de vidro; propriedades mecânicas e biocompatibilidade. Os critérios de inclusão de artigos científicos levaram em consideração os seguintes pré-requisitos: publicação em revista indexada e publicação dos últimos 8 anos. Após a seleção dos artigos, foi realizada uma leitura minuciosa, a partir da qual foram extraídas e analisadas as principais informações dos textos, sendo distribuídas em dois principais tópicos: 1) propriedades físicas e mecânicas e 2) biocompatibilidade. Tais dados foram agrupados em tabelas, as quais receberam tratamento estatístico descritivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cimentos de ionômero de vidro têm propriedades únicas, como biocompatibilidade, ação anticariogênica (devido à liberação de flúor) e aderência à estrutura dental. Além disso, o coeficiente de expansão térmica do ionômero de vidro é baixo e próximo aos valores da estrutura dentária. Porém, apesar de suas vantagens, eles apresentam algumas desvantagens, como fragilidade e resistência mecânica inferior. Melhorias significativas têm sido realizadas desde a invenção do CIV, e outras são necessárias, a fim de reforçar suas propriedades

físicas. Embora mais resistentes e estéticos com características melhoradas, a pouca resistência e dureza ainda são grandes problemas²⁶.

Dos 39 artigos avaliados, 28 versavam sobre as propriedades físicas e mecânicas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição absoluta e relativa das propriedades físicas e mecânicas avaliadas.

Propriedades	Número de artigos	Percentual
pH	2	7,14%
Captção da água e Tração diametral	3	10,7%
Infiltração marginal e Tratamento da dentina	4	14,2%
Constituição e Resistência à compressão	7	25%
Resistência à tração	3	10,7%
Resistência ao cisalhamento	2	7,14%
Rugosidade superficial	2	7,14%
Liberação de flúor	4	14,2%
Mais de duas propriedades avaliadas	1	3,57%
Total	28	100%

Diferentes fabricantes de CIV foram utilizados nas pesquisas, sendo que alguns artigos utilizaram em suas metodologias mais de um fabricante. Dentre os 28 trabalhos estudados, 16 avaliaram os CIVs da 3M ESPE (St Paul, MN, EUA), 14 estudaram CIVs da GC Corporation (Tóquio, Japão), 04 analisaram CIVs da SSWhite (Rio de Janeiro, RJ, Brasil), 02 avaliaram CIVs da DFL (Rio de Janeiro, RJ, Brasil), 01 estudou CIV do fabricante Dentsply (Petrópolis, RJ, Brasil) e 01 avaliou o CIV da SDI (Victoria, Austrália).

Dos 28 artigos que analisaram as propriedades mecânicas do CIV, 13 utilizaram o ionômero de vidro convencional, 18 empregaram o ionômero de vidro modificado por resina e houve aqueles que avaliaram mais de um tipo de ionômero de vidro associado.

As propriedades mecânicas mais estudadas foram a adesividade, rigidez, absorção de água, resistência à tração, resistência à flexão, resistência à compressão, tração diametral e flexão biaxial Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos de CIV em relação às propriedades estudadas.

Tipos de CIV avaliados	Propriedades estudadas	Numero de estudos	Percentual
Convencionais	Adesivas; Rigidez; Resistência à tração/ flexão	1	11,1%
Modificados por resina	Adesividade e Resistência a tração/ flexão	3	33,3%
	Rigidez e Absorção de água	1	11,1%
Ionômero de vidro modificado por Nanohydroxyapatita/ fluorapatita	Rigidez; Resistência à tração/ flexão; Absorção de água	2	22,2%
Ionômero de vidro acrescido de N-vinilpirrolidone	Resistência à compressão; Tração diametral; Flexão biaxial	2	22,2%
Total		9	100%

Para estudarem as propriedades mecânicas, os autores utilizaram diversas máquinas de ensaios mecânicos, estas estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição absoluta e relativa entre os testes de resistência adesiva, à compressão, à tração, ao cisalhamento; tensão diametral e flexão biaxial e as máquinas de ensaio mecânico utilizadas.

Testes	Máquina Universal de ensaios	Numero de estudos	Percentual (%)
Resistência adesiva a dentina	Instron Corp, Canton, MA	1	6,7
	AG-50kNG, Shimadzu	1	6,7
	AG-50kNG, Shimadzu	1	6,7
Resistência à compressão	Instron	3	20
	Kratos	1	6,7
	EMIC	1	6,7
	Tensometer Type W, Monsanto	1	6,7
	Tensometer, JJ Instruments, Inc.	1	6,7
Resistência à tração	Southampton Modelo K-2000MP	1	6,7
	Kratos	1	6,7
	Kratos	1	6,7
Resistência ao cisalhamento	Kratos	1	6,7
	Instron	1	6,7
Resistência à compressão, tensão diametral e flexão biaxial	Instron Corp, Canton, MA	1	6,7
Total		15	100

A resistência ao desgaste e rugosidade superficial no ambiente oral são critérios importantes para determinar e mensurar a deterioração clínica dos materiais restauradores. As características das superfícies de restaurações de ionômero de vidro são particularmente importantes, porque superfícies ásperas são mais rapidamente propensas à colonização bacteriana e maturação da placa, aumentando, assim, o risco de cárie. Foram verificados 02 estudos que relacionavam o tipo de ionômero de vidro e o método de mensuração da rugosidade superficial; um empregou o microscópio eletrônico, e o outro a espectroscopia infravermelha transformada de Fourier.

Os cimentos ionoméricos representam importante opção de material restaurador em Odontologia e sua adesão à estrutura dental, diminuindo a infiltração marginal, que somada à liberação de flúor e inibição do metabolismo de microrganismos acidogênicos, favorece a remineralização dental e pode diminuir a ocorrência de cárie secundária³¹. Dos 39 trabalhos analisados, 05 versavam sobre a propriedade de liberação de flúor do ionômero de vidro. Destes, 02 autores estudaram a taxa de liberação de flúor, 01 avaliou a incorporação de flúor à estrutura dental, 01 estudou a retenção de restaurações em CIV devido à liberação de flúor e 01 estudo avaliou a relação entre liberação de flúor e rugosidade superficial com placa bacteriana.

Dos 05 estudos que analisaram a liberação de flúor, apenas 02 mensuraram quantitativamente a liberação deste halógeno. Para isso, foram utilizados os seguintes aparelhos: o eletrodo íon seletivo para fluoreto (Orion nº 9609 BN e Orion Research Inc., Boston, MA) conectado a um registrador (HANNA Instruments HI no 9321) usado em um estudo, e o eletrodo Orion 96-09 (Ionalyzer, USA) e o analisador de íons Orion 701-A (Orion Research Model/Digital – USA) empregado no outro estudo.

Dos 39 artigos pesquisados, 11 avaliaram a biocompatibilidade dos CIVs utilizados na prática odontológica. Destes trabalhos, 04 avaliaram a citotoxicidade dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, 04 avaliaram a citotoxicidade de cimentos de ionômero de vidro convencionais, e 03 compararam os dois tipos de ionômeros.

Diversas marcas comerciais foram avaliadas, sendo que alguns trabalhos analisaram mais de um fabricante simultaneamente. Dos 04 trabalhos que analisaram apenas os CIVs convencionais, 02 utilizaram CIVs do fabricante 3M ESPE (Seefeld, Alemanha), 01 estudou CIV da GC Corporation (Tóquio, Japão), e 01 artigo não mencionou o fabricante utilizado. Dentre os 04 trabalhos que analisaram apenas os CIVs modificados por resina, 02 avaliaram somente CIVs do fabricante 3M ESPE (St Paul, MN, EUA), enquanto 02 estudaram também CIVs da GC Corporation. Dos 03 trabalhos que avaliaram ambos os tipos de CIVs (convencional e modificado por resina) todos avaliaram CIVs do fabricante 3M ESPE (St Paul, MN, EUA / Seefeld, Alemanha), sendo que 02 estudaram também CIVs da GC Corporation.

A tabela 4 mostra as metodologias utilizadas para avaliar a biocompatibilidade dos cimentos de ionômeros de vidro.

Dos dois trabalhos que aplicaram os CIVs em cavidades restauradoras, um utilizou dentes de ratos, e o outro utilizou

Tabela 4 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos de metodologias utilizadas nos estudos que analisaram a biocompatibilidade dos CIVs.

Tipos de CIV avaliados	Metodologia	Número de estudos	Percentual
Convencionais	Aplicação em cultura de células	3	27,3%
	Aplicação em cavidades restauradoras	1	9,1%
Modificados por resina	Aplicação em cultura de células	2	18,2%
	Aplicação em cavidades restauradoras	1	9,1%
	Mais de uma metodologia utilizada	1	9,1%
Ambos	Aplicação em cultura de células	3	27,3%
Total		11	100%

dentes humanos. Os procedimentos restauradores foram realizados *in vivo* e, posteriormente, os dentes foram extraídos para análise da resposta inflamatória do complexo dentino-pulpar a esses materiais. Os ratos representam um modelo animal adequado para testes de biocompatibilidade de materiais restauradores. Entretanto, este modelo apresenta características específicas que o fazem necessitar de uma análise mais cuidadosa³⁶.

O trabalho que utilizou mais de uma metodologia analisou o efeito de extratos de CIVs modificados por resina em culturas de células bem como avaliou a resposta tecidual de ratos a implantes subcutâneos desses CIVs. Experimentos de citotoxicidade, utilizando cultura de células, são os testes iniciais recomendados para avaliar os efeitos citopáticos causados por determinados materiais dentários. Entretanto, não é recomendável uma extrapolação simples e direta dos resultados obtidos em culturas de células para condições *in vivo*. Testes de contato entre o material e as células também são indicados para análise de citotoxicidade dos materiais dentários. Esse tipo de teste reproduz de uma maneira mais fiel, a situação fisiológica *in vivo*, porém testes de implantação devem ser considerados complementares às demais metodologias³⁷.

Os tipos de culturas de células utilizadas nos trabalhos que avaliaram a ação dos CIVs em nível celular estão dispostos na Tabela 5.

A maioria dos trabalhos utilizou células de linhagem odontoblástica, pois os odontoblastos são as primeiras células

Tabela 5 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos celulares avaliados nos estudos que analisaram a biocompatibilidade dos CIVs.

Tipo celular	Número de estudos	Percentual
Odontoblastos	5	55,5%
Células de osteossarcoma	2	22,2%
Células do ligamento periodontal	1	11,1%
Células de linfoma de ratos	1	11,1%
Total	9	100%

da polpa afetadas por componentes de materiais que apresentem capacidade de difusão transdentinária¹⁰.

Células do ligamento periodontal foram utilizadas em um trabalho que avaliava o uso de materiais ionoméricos em casos de perfuração radicular, a fim de simular o meio ambiente bucal⁴¹.

Linhagens de células de linfoma permitem uma avaliação apurada das alterações que ocorrem na morfologia celular, sem a influência de fatores como idade da célula e estados metabólicos ou hormonais³³.

A Tabela 6 mostra os aspectos celulares levados em consideração para analisar as respostas celulares ao CIVs. Alguns trabalhos avaliaram mais de um aspecto simultaneamente.

Os períodos nos quais os cimentos de ionômero de vidro ficaram em contato com as culturas celulares ou com o teci-

Tabela 6 - Distribuição absoluta e relativa dos aspectos celulares avaliados nos estudos que analisaram a biocompatibilidade dos CIVs.

Aspecto celular avaliado	Número de estudos	Percentual
Morfologia	2	22,2%
Proliferação	1	11,1%
Metabolismo	2	22,2%
Mais de um aspecto	4	44,4%
Total	9	100%

do dentinário nas cavidades restauradoras variaram entre os artigos. Apenas 03 trabalhos utilizaram o mesmo período de tempo (72 horas).

Foram utilizadas diversas técnicas de diagnóstico para verificar as respostas celulares e da polpa, como mostra a Tabela 7. Quatro destes trabalhos ainda associaram essas técni-

cas a fim de analisar concomitantemente diferentes aspectos celulares.

Tabela 7 - Distribuição absoluta e relativa dos tipos de técnicas de diagnóstico utilizadas para verificar as respostas celulares e da polpa nos estudos que analisaram a biocompatibilidade dos CIVs.

Técnica	Número de estudos	Percentual
Microscopia eletrônica de varredura	1	9,1%
Teste colorimétrico de Metiltetrazolium (MTT)	2	18,2%
Microscopia óptica	1	9,1%
Microscopia de fluorescência	1	9,1%
Mais de uma técnica	5	45,4%
Total	11	100%

Com relação aos resultados encontrados pelos autores, a Tabela 8 correlaciona os efeitos tóxicos com os tipos de CIV estudados, lembrando que, em 03 trabalhos, os dois tipos de CIVs foram avaliados simultaneamente.

Tabela 8 - Distribuição absoluta e relativa do potencial de toxicidade dos CIVs.

Tipos de CIV Avaliados	Convençãois		Modificados por resina	
		Percentual		Percentual
Efeito				
Tóxicos ou capazes de provocar maiores danos celulares/teciduals	1	14,3%	5	71,4%
Não tóxicos ou incapazes de provocar danos celulares/teciduals	6	85,7%	2	28,6%
Total	7	100%	7	100%

A maioria dos autores sugere que o principal componente responsável pela toxicidade do CIV é o 2-hidroxietil-metacrilato (HEMA), presente nos cimentos modificados por resina. Essas substâncias atravessam os túbulos dentinários e atingem a polpa. Esse processo é resultante da dissolução dos CIVs modificados por resina, que ocorre quando entram em contato com a umidade do substrato dentinário. Monômeros metacrilatos, como o HEMA, são incorporados na dupla camada lipídica das membranas celulares, provocando a sua solubilização. Este fenômeno provoca alterações e morte celular, mecanismo responsável pela intensa citotoxicidade deste monômero, mesmo em baixas concentrações. Além do HEMA, alguns componentes metálicos com ferro e alumínio, presentes também nos CIVs convencionais, têm sido apontados como citotóxicos devido ao estresse oxidativo que provocam nas células^{14,10}.

CONCLUSÃO

A partir dos artigos estudados, pode-se observar que houve certa padronização na descrição das metodologias, o que facilitou a comparação dos trabalhos. Os autores avaliados demonstraram muita preocupação em relação às limitações físicas e mecânicas do CIV. Foram sugeridas grandes mudanças no CIV para melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, minimizando suas deficiências e potencializando suas características favoráveis. Porém, todos os trabalhos concordavam que a grande vantagem do cimento ionômero de vidro em relação a outros materiais é a capacidade de adsorção permanentemente à superfície dental e a contínua liberação de flúor. No tocante às propriedades biológicas, é possível inferir que a biocompatibilidade dos CIVs convencionais já é bem estabelecida, o que orientou as pesquisas mais recentes a analisar a toxicidade dos CIVs modificados por resina. Apesar das qualidades mecânicas superiores, os monômeros resinosos presentes nos CIVs modificados por resina demonstraram provocar efeitos celulares indesejáveis.

REFERÊNCIAS

- Aranha AMF, Giro EMA, Souza PPC, Hebling J, Costa CA de S. Effect of curing regime on the cytotoxicity of resin-modified glass-ionomer lining cements applied to an odontoblast-cell line. *Dent mat.* 2006; 22:864-869.
- Bengtson NG, Freire, MI, Bengtson, CRG, Bengtson A L. Variação do pH em meio aquoso de alguns materiais restauradores com flúor na composição. *Publ. UEPG Ci Biol Saúde.* 2005; 11 (2): 21-26.
- Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, Valle AL do. Tensile bond strength of glass fiber posts luted with different cements. *Braz oral res [serial on the Internet].* 2007 [cited 2008 Nov 24]; 21(2): 159-164.
- Bresciani E. Avaliação clínica de restaurações de cavidades classe I realizadas pela técnica do tratamento restaurador atraumático (ART) em comunidade de alto índice de cárie. *Rev Fac Odontol Bauru.* 2003; 93-99.
- Bussadori SK, Guedes-Pinto AC. Propriedades e uso dos materiais dentários. In: Guedes-Pinto AC. *Odontopediatria.* 6 ed. São Paulo: Santos; 2000. p.609-30.
- Camilleri J et al. The constitution, physical properties and biocompatibility of modified accelerated cement. *Dent mat.* 2008; 24:341-350.
- Carvalho GT, Ogasawara T. Comparação de espessura de película e da resistência à compressão dos cimentos vedantes de ionômero de vidro convencional versus reforçado com resina. *Matéria.* 2006; 11 (3): 287 -296.
- Cefaly DF. Resistência adesiva à tração e avaliação clínica de CIV utilizados na ART. *Rev Fac Odontol Bauru.* 2003; 80-83.
- Conceição EN. Aplicações clínicas dos materiais ionoméricos. In: _____. *Dentística: saúde e estética.* Porto Alegre: Artmed; 2000.
- Coimbra LR, Giro EMA, Aranha AMF, Costa CA de S. Cito-toxicidade de cimentos de ionômero de vidro restauradores sobre células de linhagem odontoblástica. *Rev Odonto Ciênc.* 2006; 21 (54).
- Corona S. A. M.; Borsatto M.C.; Rocha R. A. S.S., Palma-Dibb R. G. Microleakage on class V glass ionomer restorations after cavity preparation with aluminum oxide air abrasion. *Braz Dent J.* 2005; 16(1): 35-38.
- Corrêa LGP, Ogasawara T. Estudos Comparativos de Alguns Cimentos Ionoméricos Convencionais. *Matéria.* 2006; 11(3): 297 - 305.
- Correr Sobrinho L, Correr GM, Consani S, SinhoretI MAC, Consani RLX. Influência do tempo pós-fixação na resistência ao cisalhamento de braquetes colados com diferentes materiais. *Pesqui Odontol Bras, jan./mar.* 2002; 16(1):43-49.
- Costa CA de S, Giro EMA, Nascimento ABL, Teixeira HM, Hebling J. Short-term evaluation of the pulpo-dentin complex response to a resin-modified glass-ionomer cement and a bonding agent applied in deep cavities. *Dent Mat.* 2003; 19: 739-746.
- Costa CA de S, Hebling J, Garcia-Godoy F, Hanks CT. In vitro cytotoxicity of five glass-ionomer cements [Technical Note]. *Biomaterials.* 2003; 24: 3853-3858.
- Foley J, Evans D, Blackwell A. Partial caries removal and cariostatic materials in carious primary molar teeth: a randomised controlled clinical trial. *Br Dent J,* London, dec. 2004; 197(11): 697-701.
- Francisconi PAS, Souza CS, Scucuglia LR, Rosa HM. Influência da termociclagem na análise da resistência ao cisalhamento do cimento de ionômero de vidro (Fuji Ortho Lc) e da resina composta (Consice Ortodôntico) utilizados na colagem de braquetes ortodônticos. *Rev. FOB, jul./dez.* 2000; 8 (3/4):9-14.

18. Hoshi A T, Silva S M B da, Pavarini A. In vitro evaluation of the marginal microleakage of amalgam restorations associated with dentin adhesive, glass ionomer cement and cavity varnish by means of different evaluation methods. *J. Appl. Oral Sci.* [serial on the Internet]. 2005 Mar [cited 2008 Nov 25]; 13(1): 10-14.
19. Huang F-M, Chang Y-C. Cytotoxicity of resin-based restorative materials on human pulp cell cultures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94 (3):361-5.
20. Hurrell-Gillingham K, Reaney IM, Miller CA, Crawford A, Hatton PV. Devitrification of ionomer glass and its effect on the in vitro biocompatibility of glass-ionomer cements. *Biomaterials.* 2003; 24: 3153-3160.
21. Kramer PFI, Pires LAG, Tovo MF, Kersting TC, Guerra Simone. Grau de infiltração marginal de duas técnicas restauradoras com cimento de ionômero de vidro em molares decíduos: estudo comparativo "in vitro". *J. Appl. Oral Sci.* [serial on the Internet]. 2003 June [cited 2008 Nov 25]; 11(2): 114-119.
22. Lima DR et al. Evaluation of the restorations sealing with resin - modified glass ionomer using as dentin pretreatment the polyacrylic acid, tannic acid and nd:yag laser. *PGRO - Pós-Grad Rev Odontol*, maio/ago. 2002; 5 (2):29-35.
23. Mallmann André, Ataíde J. C. O.; Amoedo R.; Rocha P. V.; Jacques L. B. Compressive strength of glass ionomer cements using different specimen dimensions. *Braz.oral.res.* [serial on the Internet]. 2007 [cited 2008 Nov 24]; 21(3): 204-208.
24. Marchan S, Coldero L, Whiting R, Barclay S. In vitro evaluation of the retention of zirconia-based ceramic posts luted with glass ionomer and resin cements. *Braz. Dent. J.* [serial on the Internet]. 2005 Dec [cited 2008 Nov 25]; 16(3): 213-217.
25. Martins LRM, Silva ALF, Cury JA, Francischone CE. Liberação de flúor de restaurações de ionômero de vidro e a sua incorporação ao esmalte dental após ciclos de desmineralização/remineralização. *Odonto/PUCRS*, jan./mar. 2006; 21(51):40-45.
26. Moshaverinia A, Ansari S, Moshaverinia M, Roohpour N, Darr JA, Rehman I. Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements (GIC). *Acta Biomaterialia.* 2008; 4: 432-440.
27. Moshaverinia A, Ansari S, Movasaghi Z, Billington R, Darr J, Rehman I. Modification of conventional glass-ionomer cements with N-vinylpyrrolidone containing polyacids, nano-hydroxy and fluoroapatite to improve mechanical properties. *Dent Mat.* 2008; 24(10): 1381 - 1390.
28. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater.* 2008, doi:10.1016/j.dental.2008.04.005.
29. Nunes OBC, Abreu PH, Nunes NA, Reis LPKFM, Reis RTM, Roberto Júnior A. Avaliação clínica do tratamento restaurador traumático (art) em crianças assentadas do movimento sem-terra. *Rev. Fac. Odontol.* 2003; 15 (1): 23-31.
30. Oda M, Zárate-Pereira P, Matson E. Estudo *in vitro* da microinfiltração marginal em cavidades submetidas ao tratamento com laser de Er:YAG e restauradas com materiais estéticos. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, out. /dez. 2001; 15(4): 290-295.
31. Pedrini D, Gaetti-Jardim Jr. E, Mori GG. Influência da aplicação de flúor sobre a rugosidade superficial do ionômero de vidro Vitremer e adesão microbiana a este material. *Pesquisa Odontol Bras* 2001; 15 (1): 70-76.
32. Pires-de-Souza FCP, Zaroni AWA, Garcia LFR, Cruvinel DR, Casemiro LA. Nova metodologia para análise comparativa da liberação de flúor de cimentos de ionômero de vidro restauradores e compômeros. *Cienc Odontol Bras.* 2007 out./dez.; 10 (4): 55-60.
33. Ribeiro DA, Marques MEA, Salvadori DMF. Biocompatibility of glass-ionomer cements using mouse lymphoma cells in vitro. *J Oral Rehabil.* 2006; 33: 912-917.
34. Russo EMA, Carvalho RCR, Matson E, Santos RSC. Infiltração marginal em cavidades de classe V restauradas com materiais estéticos, utilizando diferentes técnicas restauradoras. *Pesqui Odontol Bras*, abr. /jun. 2001; 15(2) 145-150.
35. Silva RC da, Zuanon ACC. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Braz. Dent. J.* [serial on the Internet]. 2006 [cited 2008 Nov 24]; 17(2): 106-109
36. Six N, Lasfargues J-J, Goldberg, M. In vivo study of the pulp reaction to Fuji IX, a glass ionomer cement. *J Dent.* 2000; 28: 413-422.
37. Souza PPC, Aranha AMF, Hebling J, Giro EMA, Costa CA de S. In vitro cytotoxicity and in vivo biocompatibility of contemporary resin modified glass-ionomer cements. *Dent mat.* 2006; 22: 838-844.
38. Taifour D, Frencken J E, Beirut N, Van't Holf MA, Truin G J. Effectiveness of glass-ionomer (ART) and amalgam restorations in the deciduous dentition: results after 3 years. *Caries Res Basel.* Nov. /Dec. 2002; 36 (6) 437-444.
39. Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro AV, Ebisu S, Frencken JE, Tay FR. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dent Mater.* 2006 Jul; 22(7):647-652.
40. Tyas MJ. Clinical evaluation of glass-ionomer cement restorations. *Journal Applied Oral Science*, 2006, 14, 10-13.
41. Vajrabhaya L, Korsuwannawong S, Jantarat J, Korre S. Biocompatibility of furcal perforation repair material using cell culture technique: Ketac Molar versus ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102: 48-50.
42. Yelamanchili A, Darvell BW. Network competition in a resin-modified glass-ionomer. *Dent Mat.* 2008; 24:1065-1069.
43. Yip HK, To WM. An FTIR study of the effects of artificial saliva on the physical characteristics of the glass ionomer cements used for art. *Dent Mat.* 2005; 21: 695-703.