

## Estudos Comparativos de Alguns Cimentos Ionoméricos Convencionais

Luis Gustavo Pessoa Corrêa e Tsuneharu Ogasawara

Laboratório de Cerâmicas Dentais/PRONEX – PEMM/COPPE/UFRJ

CP: 68505. Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-972

e-mail: [ogasawat@metalmat.ufrj.br](mailto:ogasawat@metalmat.ufrj.br); [luisgustavopessoa@gmail.com](mailto:luisgustavopessoa@gmail.com)

---

### RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar a correlação das propriedades mecânicas (resistências à compressão e à flexão) dos cimentos de ionômero de vidro convencionais com a composição química e a distribuição de tamanho de partícula do vidro do cimento ionomérico de vidro como encontrado no mercado. A revisão bibliográfica realizada evidenciou o mérito dos cimentos de ionômeros de vidro convencionais quanto à sua adesão ao esmalte, à dentina e às ligas metálicas odontológicas, quanto à sua capacidade de liberação gradual e prolongada de fluoreto (com efeito anti-cariogênico), mas também mostrou a sua baixa resistência coesiva e a alta solubilidade em meio aquoso. O trabalho experimental foi realizado com 5 cimentos (Vidrion R, Vidrion F e Vidrion C – SSWITE, Ketac Cem e Ketac Fill – ESPE) caracterizados como restauradores e cimentantes (utilizados na restauração de cavidades e cimentação de trabalhos odontológicos indiretos, confeccionados em laboratório de prótese), e consistiu-se em: caracterização do pó original dos cimentos por meio de microscopia eletrônica de varredura, medição dos tamanhos de partícula dos pós, análise pela difração de raios-X, e ensaios de resistência à compressão em amostras de cimento curado. Conclusões: Vidrion C possui resistência suficiente para ser substituto eventual como cimento restaurador; o envelhecimento de 2 meses fortalece os cimentos Vidrion C e R; sem envelhecimento, Ketac Fill apresentou melhor resistência à compressão do que o Vidrion C; os vidros dos pós de cimentos de ionômero de vidro podem apresentar-se fortemente cristalizados no seu estado como recebido do fabricante.

**Palavras chaves:** ionômero de vidro convencional, cimento dental restaurador, resistência à compressão, envelhecimento de cimento dental.

---

## Comparative Study of Some Conventional Glass-Ionomer Cements

### ABSTRACT

The objective of this work was to study the relationship between the mechanical properties (compressive and flexural strength) of conventional glass-ionomer cements as a function of its chemical composition and glass particle size distribution as it is found in the market. The literature review evidenced the merit of conventional glass-ionomer cements in that concerns their adhesion to enamel, to dentin and to dental metal-alloys, in that relates to their ability to graded and long-term fluorine liberation (counter-cariogenic effect) but also showed its low cohesive strength and high solubility in aqueous medium. The experimental work was carried out with 5 cements (Vidrion R, Vidrion F and Vidrion C – SSWITE, Ketac Cem and Ketac Fill – ESPE) characterized as restorative and luting cements (utilized in restoration of cavities and luting of indirect dental works, made by dental prosthesis laboratories), and consisted of characterization of the original cements powders by using scanning electron microscopy, powder particle size measurement, x-ray diffraction, and compressive strength tests in samples of cured cements. Conclusions: Vidrion C has enough strength for eventual replace cement in tooth restoration; the 2 month aging increases the strength of Vidrion C and R cements; without aging, Ketac Fill presented better compressive strength than Vidrion C; the glass of the glass-ionomer cement powders can be found crystalline in the state as-received.

**Keywords:** Conventional glass-ionomer, restorative dental cement, compressive strength, aging of dental cement.

## 1 INTRODUÇÃO

Os ionômeros de vidro surgiram dos estudos pioneiros de Wilson & Kent no final da década de 1960 [1, 2] e chegaram ao mercado em 1975 [3], passando depois por sucessivos desenvolvimentos. Os cimentos ionoméricos de vidro convencionais dependem unicamente da reação de cura ácido-base e suas vantagens são: (a) liberação de fluoreto durante longo tempo em serviço, anti-cariogenicamente; (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. Estas características requerem limitadas melhorias possíveis na sua consistência coesiva. Aumentos na razão pó-líquido [4], da concentração de poliácido [5] e da massa molecular do poliácido [6] melhoram as propriedades destes cimentos. A limitação vem da viscosidade e do manuseio do cimento.

O presente trabalho é parte integrante da Dissertação de Mestrado de Corrêa [7] e teve por objetivo realizar um estudo comparativo de alguns cimentos ionoméricos de vidro convencionais como materiais de restauração dentária, correlacionando propriedades mecânicas à composição química e à distribuição de tamanho de partícula do material sólido do cimento ionomérico de vidro.

Pós dos cimentos de ionômero de vidro (CIV) são constituídos de: SiO<sub>2</sub> (29%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16,6%) e CaF<sub>2</sub> (34,3%). O líquido é uma solução aquosa (45% de água), ácido poliacrílico (30%), ácido tartárico (10%) e ácido itacônico (15%). A reação de cura dos CIVs ocorre em 3 estágios [8]: deslocamento de íons, formação da matriz de hidrogel e a fase de gel de polissais

Os CIVs se aderem bem à estrutura dentária e a metais [9], mas falham na resistência do material em si [9-13]. Os CIVs comerciais foram divididos em 2 categorias principais: cimentos de ionômero de vidro convencionais (CIVCs) e cimentos de ionômeros de vidro modificado por resina (CIVsMR) [14, 15], que mostram melhores propriedades mecânicas do que os CIVCs, mesmo embora existam diferenças individuais provenientes de marca para marca [15, 16]. As propriedades mecânicas mais comuns e úteis para a caracterização dos CIVs são a resistência à compressão, resistência à flexão (FS), resistência à tração diametral (DTS), tenacidade à fratura (FT), microdureza (Knoop (KHN) ou Vickers (VHN)), taxa de desgaste (WR), fadiga e fluência [8, 14, 15, 17-21].

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Cinco CIVs foram estudados: Ketac-Cem – ESPE, Ketac-Fill – ESPE, Vidrion R – SSWHITE, Vidrion F – SSWHITE são destinados à cimentação de próteses dentárias. Ketac Fill – ESPE e Vidrion R – SSWHITE são utilizados em restaurações de cavidades. Vidrion F – SSWHITE destina-se ao forramento de cavidades.

Avaliações dos pós referentes aos cinco cimentos estudados foram submetidos a um granulômetro a laser no PEQ/COPPE/UFRJ utilizando o equipamento Malvern ®. Duas porções de cada pó dos cimentos estudados (Vidion R, Vidrion F, Vidrion C, Ketac Cem e Ketac Fill) foram selecionados e submetidos ao teste. A American Dental Association [14] determina partículas de pó de vidro < 45 µm para cimento de preenchimento e <15 µm para cimento de cimentação.

Difração de raios-X (DRX) foi usada para determinar a presença ou não de fases cristalinas no pó de vidro. Os produtos finais (corpos de prova) também foram caracterizados por difração de raios-X.

Foram variadas: razão sólido/líquido, concentração de poliácido e massa molecular do poliácido. Corpos de prova foram confeccionados e submetidos a ensaios de compressão determinados pela ISO 9917.

Testes com a finalidade de avaliar a capacidade de resistência à compressão de 25 corpos-de-prova de cada cimento estudado foram feitos no laboratório do IMA-UFRJ, na máquina de ensaios Instron 4204, seguindo as normas ISO 9917.

Cinco matrizes (5 cm de diâmetro) de silicone de adição (Honigum-3M/ESPE) foram confeccionadas pela duplicação de um cilindro plástico com 6mm de altura por 4mm de diâmetro para obtenção de corpos-de-prova cilíndricos. O material elástico foi manipulado seguindo as instruções do fabricante, e introduzido numa forma plástica pré-confeccionada, sobre uma placa de vidro. Anteriormente à catalisação do silicone o padrão plástico foi introduzido no centro da forma e pressionado por uma segunda placa de vidro. A polimerização dos elastômeros foi efetuada a 25°C, em 20 minutos. Após a remoção de cada corpo-de-prova confeccionado, esperou-se 20 minutos de modo que o material polimérico voltasse as suas dimensões originais.

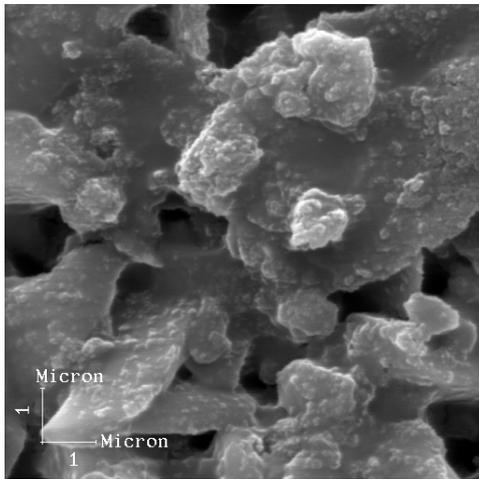
Os cimentos foram manipulados a 23°C, umidade relativa do ar de 45 a 55%. Após a manipulação, o material foi introduzido nas matrizes existentes com o auxílio da seringa odontológica Centrix. Imediatamente após o preenchimento das matrizes, que se encontravam na superfície de uma placa de vidro, uma outra placa de vidro foi posicionada sobre as matrizes, limitada por batentes externos com altura exata de 6 mm, procurando manter o paralelismo entre as placas, e desta forma originar corpos-de-prova com superfícies paralelas entre si. Decorridos 60 minutos após a manipulação dos cimentos, os corpos-de-prova

foram removidos de suas matrizes e mantidos durante 23 horas na temperatura de 37°C numa estufa, tendo-se o cuidado de identificar a matriz de origem de todos os padrões confeccionados.

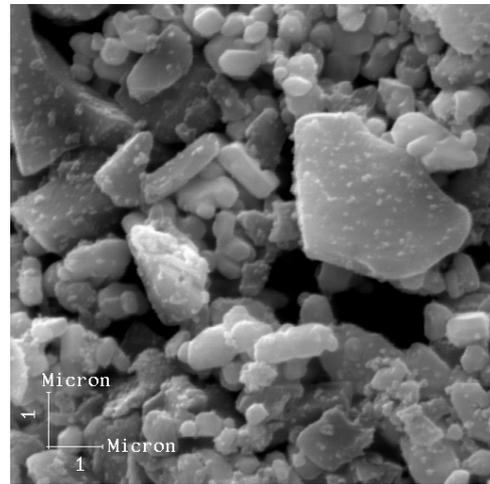
Os ensaios de resistência à compressão foram realizados 24 horas após a mistura inicial, utilizando a máquina Instron 4204 (IMAPEM/UFRJ), célula de carga de 5KN, com uma velocidade de 1,00 mm/minuto até a ruptura final das amostras. Mesmo com a padronização estabelecida para a obtenção dos corpos de prova, tomou-se o cuidado de medir cada corpo de prova antes de submetê-lo ao ensaio de compressão com o intuito de minimizar possíveis alterações dos resultados obtidos. Foram 25 corpos de prova de cada cimento.

### 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

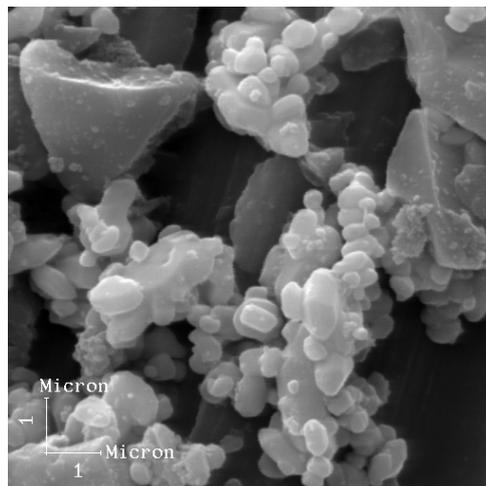
As Figuras 1(a), 1(b), 1(c), 1(d) e 1(e) mostram as micrografias eletrônicas de varredura do pó dos cimentos de ionômero de vidro Vidrion C, Vidrion R, Vidrion F, Ketac Cem – ESPE e Ketac fill – ESPE. Os cimentos VIDRION (SSWHITE, Dentsply) são mais aglomerados do que os KETAC (ESPE), uma vez que no cimento KETAC o pó é vendido em embalagem diferente daquela do líquido (ácido poliacrílico), com o qual deve ser misturado para uso. No caso do VIDRION, pó de ácido poliacrílico vem misturado com o pó de vidro, mas nesta operação de mistura prévia o pó de vidro já se aglomera (adiciona-se água pura para fins de aplicação odontológica).



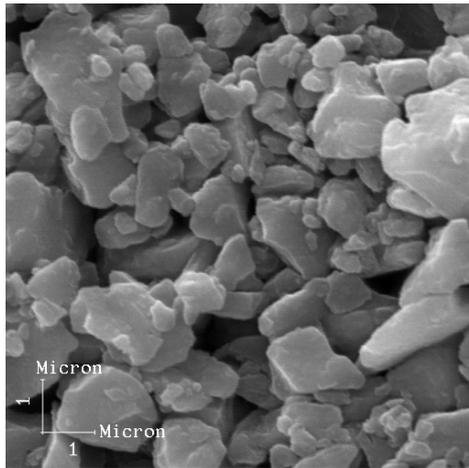
(a) Vidrion C – SSWHITE



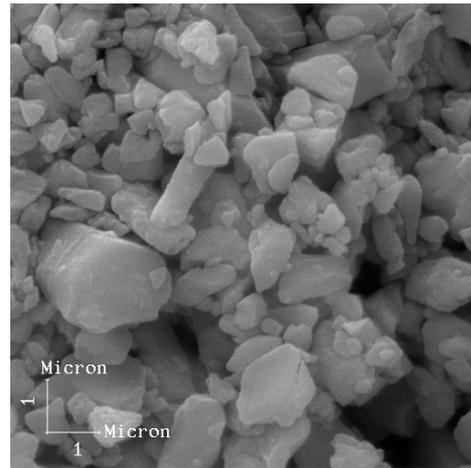
(b) Vidrion R – SSWHITE



(c) Vidrion F – SSWHITE



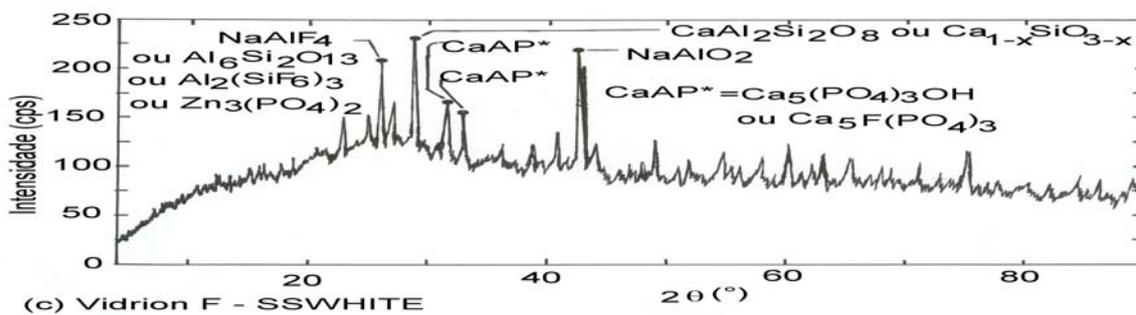
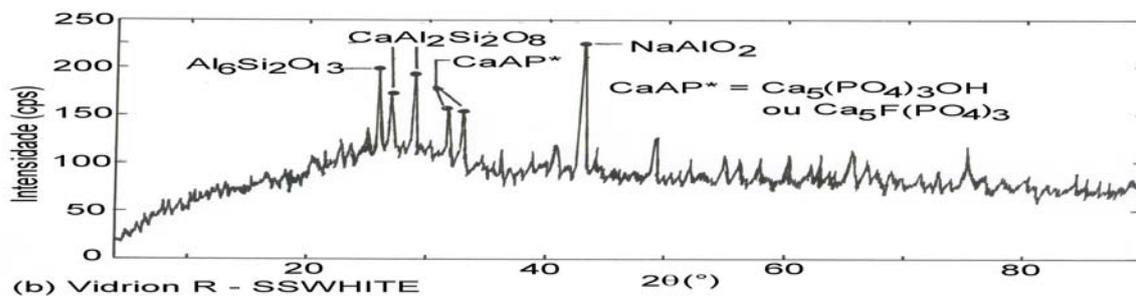
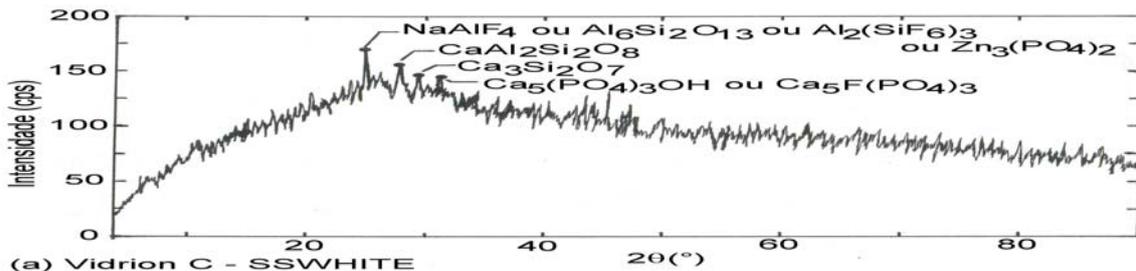
(d) Ketac Cem – ESPE

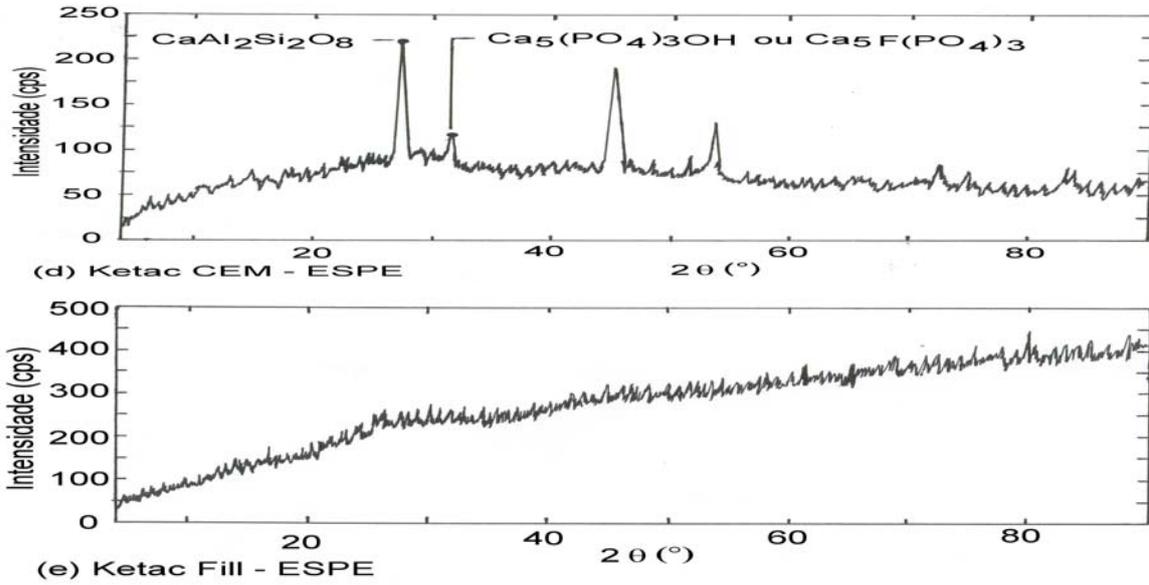


(e) Ketac Fill - ESPE

**Figura 1:** Micrografia MEV dos pós dos cimentos de ionômeros de vidro.

Os difratogramas de raios-X de amostras de pós de cimento de ionômeros de vidro, como recebido do fornecedor, se encontram na Figuras 2, que mostram que os pós de Vidrion C e Ketac Fill são amorfos, enquanto que os demais pós são mais ou menos cristalinos.





**Figura 2:** Difratomogramas de raios X dos pós dos cimentos de ionômero de vidro.

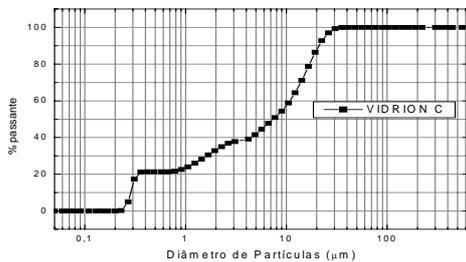
A figura 3 mostra as curvas de % passante versus diâmetro de partículas. Os pós são todos diferentes entre si. No VIDRION C, 35,56 $\mu\text{m}$  é o diâmetro máximo para todas as partículas. No Vidrion R, o tamanho 100% passante é 30,53 $\mu\text{m}$ , e no VIDRION F, o tamanho 100% passante é 477,01 $\mu\text{m}$ . O cimento KETAC Cem tem todas as suas partículas inferiores a 16,57 $\mu\text{m}$ , enquanto KETAC Fill possui todas as partículas com tamanho inferior a 65,51 $\mu\text{m}$ .

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados dos ensaios de compressão dos cimentos curados, Ketac Cem, Ketac fill, Vidrion R, Vidrion F e Vidrion C respectivamente. Para o cálculo da resistência à compressão,  $\sigma_c$ , foi utilizada a seguinte equação:

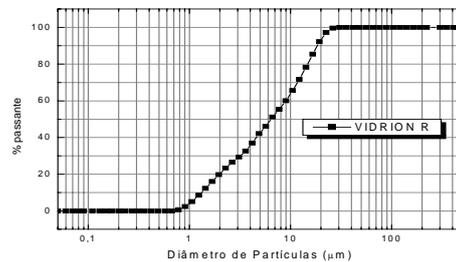
$$\sigma_c = F / \pi r^2 \tag{1}$$

F = Carga máxima no ponto de escoamento em Newton; r = raio da amostra (m).

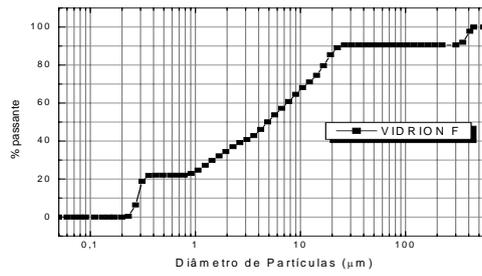
O experimento consistia em 8 replicações de 7 diferentes tipos de cimento. Um dos cimentos foi eliminado (Vidrion R2) do estudo devido à grande variabilidade das replicações. Foram avaliadas as seguintes variáveis: Resistência, Elasticidade.



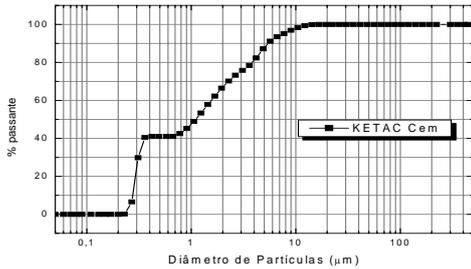
(a) Vidrion C - SSWHITE



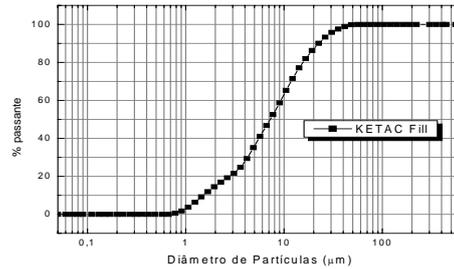
(b) Vidrion R - SSWHITE



(c) Vidrion F - SSWHITE



(d) Ketac Cem - ESPE



(e) Ketac Fill - ESPE

**Figura 3:** Curvas de % passante versus diâmetro de partículas dos cimentos.

Pelo Teste de Turkey (Tabelas 3 e 4), o cimento Vidrion C2 difere dos demais, os cimentos Ketac Fill e Vidrion C têm seus efeitos estatisticamente iguais, e Ketac C, Vidrion R e Vidrion F são diferentes dos demais e iguais entre si.

**Tabela 1:** Resultados dos ensaios de compressão

Material	Resistência à compressão (MPa)	Desvio Padrão	Deformação (%)	Desvio Padrão	Módulo de elasticidade (MPa)	Desvio Padrão
Vidrion F	69,80	6,68	3,913	0,481	2421	262
Vidrion R	69,40	7,93	3,164	0,344	2832	307
Vidrion R 2 meses	156,10	40,68	2,992	0,276	6058	932
Vidrion C	125,9	10,57	4,099	0,495	3930	159
Vidrion C 2meses	211,17	16,8	3,487	0,214	6583	292
Ketac Cem	74,19	3,79	2,475	0,229	3293	105
Ketac Fill	129,10	15,4	2,958	0,151	4812	362

**Tabela 2:** Tabela de análise de variância - resistência

Análise da Variância - Resistência					
Causa da Variação	SQE	gl.	SQM	F	P
Cimento	122.683	5	24.537	67	0,000
Erro	15.329	42	365		
Total	138.012	47			

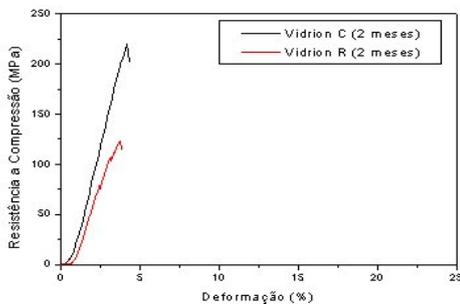
**Tabela 3:** Análise estatística da resistência (Teste de Turkey)

Material	Média	Teste de Tukey
Vidrion C (2 meses)	210,20	a
Ketac Fill	126,28	b
Vidrion C	107,42	b
Ketac C	71,70	c
Vidrion R	68,21	c
Vidrion F	67,29	c
Vidrion R (2 meses)	116,59	-

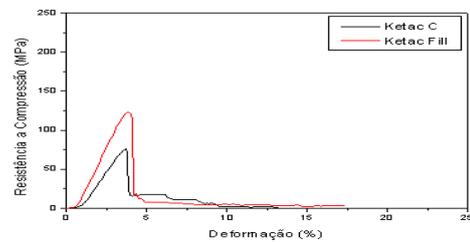
As curvas de tensão-deformação em compressão estão na figura 4 e são característicos de materiais frágeis. A figura 4(a) indica um aumento de resistência à compressão depois de 2 meses de envelhecimento: o melhor resultado pertence ao Vidrion C; Vidrion R é o segundo melhor; o Vidrion F é menos resistente. A figura 4(b) representa as curvas dos cimentos Vidrion (SSWHITE®), testados 24 horas após a manipulação e confecção dos corpos de prova. Observa-se um significativo aumento de 81,41% da resistência para o cimento Vidrion C destinado à cimentação, frente ao cimento Vidrion R destinado à restauração, envelhecido tanto 24 horas quanto 2 meses. O Vidrion C apresenta valores bem próximos daqueles de Ketac Fill e um valor 69,70% maior que o Ketac-Cem.

**Tabela 4:** Análise estatística da elasticidade (Teste de Turkey)

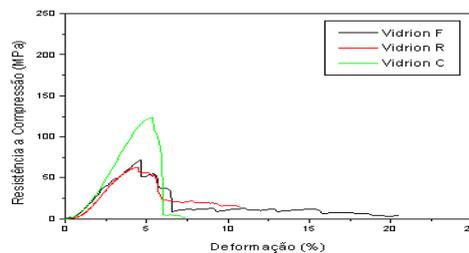
Material	Média	A
Vidrion C (2 meses)	6525,3	A
Ketac Fill	4784,8	B
Vidrion C	3514,9	C
Ketac C	3156,3	D
Vidrion R	2772,0	De
Vidrion F	2430,8	E
Vidrion R (2 meses)	4844,13	-



(a) Vidrion C e Vidrion R após 02 (dois) meses de envelhecimento.



(b) do Ketac Cem e Ketac Fill



(c) Vidrion F, Vidrion C e Vidrion R .

**Figura 4:** Curvas de resistência à compressão versus deformação dos cimentos.

Na Tabela 1 que compara os resultados estatísticos de tensão máxima de compressão dos cinco cimentos através da análise de mão única da variância (ANOVA) com o teste de múltipla faixa de Tukey

(usada em trabalhos precursores [5, 17, 22-24], utilizada para determinar a significância dos resultados obtidos, com um nível de precisão de 95% ( $\alpha < 0,05$ ), pelo programa Primer of biostatistics, observando-se a existência de diferenças significativas dos mesmos entre si. O melhor resultado pertence ao Ketac Fill, enquanto que o Vidrion C é o segundo cimento mais resistente, ficando o Vidrion F na condição de cimento menos resistente (a importância do reforço da matriz polimérica com resina) [25].

#### 4 CONCLUSÕES

- (a) O cimento Vidrion C possui resistência suficiente para ser substituto eventual de cimentos destinados à restauração, mas a sua degradabilidade em meio aquoso deverá ser investigada antes de se chegar a uma conclusão definitiva;
- (b) O envelhecimento de 2 meses fortalece os cimentos Vidrion C e Vidrion R;
- (c) Sem envelhecimento, Ketac Fill apresentou melhor resistência à compressão do que o Vidrion C que, surpreendentemente, foi mais resistente do que o Vidrion R;
- (d) Os vidros dos pós dos cimentos de ionômero de vidro nem sempre são realmente vidros, mas sim podem apresentar-se fortemente cristalizados, na forma como recebido do fornecedor, merecendo um estudo mais detalhado;
- (e) As distribuições de tamanho de partícula dos vidros de ionômero de vidro, na forma como recebido do fornecedor, também se revelam surpreendentes, merecendo estudo adicional.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES, FAPERJ e PRONEX pelo suporte financeiro, ao Victor Pita (IMAPEM/UFRJ) pela ajuda, à Odontoclínica Central do Exército (RJ) pelo apoio.

#### 6 BIBLIOGRAFIA

- [1] NICHOLSON, J.W., “Chemistry of GIC: a Review”, *Biomaterials*, v. 19, 485-494, 1998.
- [2] KENT, B.E., WILSON, A.D., “The Properties of a GIC”, *British Dental Journal*, n. 135, pp. 322-326, 1973.
- [3] MOUNT, G.J., *A Colour Atlas of Glass-Ionomer Cements*, ed. 2, Ed., London, 1994.
- [4] NEVE, A.D., PIDDOCK, V., COMBE, E.C., “Development of Novel Dental Cements. I. Formulation of Aluminoborate Glasses”, *Clinical Matererials*, n. 9, pp. 7-12, 1992.
- [5] NEVE, A.D., PIDDOCK, V., COMBE, E.D., “Development of Novel Dental Cements. II. Cement Properties”, *Clinical Matererials*, n. 9, pp. 13-20, 1992.
- [6] NEVE, A.D., PIDDOCK, V., COMBE, E.D., “The Effect of Glass Heat Treatment o the Properties of a Novel Polyalkenoate Cement”, *Clinical Matererials*, n. 12, pp. 113-6, 1993.
- [7] Corrêa, L.G.P., *Estudo Comparativo de Alguns Cimentos Ionoméricos de Vidros Convencionais*, Dissertação M.Sc., PEMM/COPPE/UFRJ, 2004.
- [8] NAVARRO, M.F.L., PASCOTTO, R.C. “Cimentos de Ionomero de Vidro”, *Aplicações Clínicas em Odontologia*, APCD, 1998.
- [9] McCOMB, D., “Retention of Castings with GIC”, *Journal ProsthetDent.*, n. 48, pp. 285-288, 1982.
- [10] McCOMB, D., SIRISKO, R., BROWN, J., “Comparison of Physical Properties of Commercial Glass Ionomer Luting Cements”, *Journal of the Canadian Dental Association*, n. 9, pp. 699-701, 1984.
- [11] JOHNSON, G.H., HERBER, A.H., POWERS, J.M., “Changes in Properties of Lass Ionomer Luting Cements with Time”, *Oper. Dent.*, n. 13, pp. 191-196, 1988.
- [12] MITCHELL, C., ANUSAVICE, K.J., *Phillips’s science of Dental Materials*, ed. 10, Philadelphia, W.B.Saunders, pp.535, 1996.

- [13] MOUNT, G.J., “Somes Physical and Biological Properties of Glass Ionomer Cement”, *International Dental Journal*, n. 45, pp. 135-140, 1995.
- [14] XIE, D., BRANTLEY, W.A., CULBERTSON, B.M., WANG, G., “Mechanical Prop. Microstructures glass-ionomer Cements”, *Dental Materials*, n. 16, pp. 129-138, 2000.
- [15] WILSON, A.D., “Resin-modified GICs”, *International Prosthodont*, n. 3, pp. 425-429, 1990.
- [16] ANUSAVICE, K.J., *Phillips's science Dental Materials*, Philadelphia, PA, pp. 541-543, 1996.
- [17] WILSON, A.D., KENT, B.E., *Surgical Cement*, UK Patent No. 1316129, 1973.
- [18] WILSON, A.D., McLEAN, J.W., “Glass-ionomer Cement”, In: *Proceedings of Quintessence*, Chicago, 1988.
- [19] SPECIAL ISSUE, “Glass ionomer Cements”, *Clinical Materials*, n. 7, pp. 273-346, 1991.
- [20] PROSSER, H.J., POWIS, D.R., BRANT, P.J., WILSON, A.D., “Characterisation of GICs 7. The Physical Properties of Current Materials”, *Journal Dental*, n. 12, pp. 131-140, 1984.
- [21] CRAIG, R.G., editor. *Restorative Dental Materials*, St. Louis, MO Mosby, pp. 272-274, 1997.
- [22] FORSS, H., SEPPÄ, L., LAPPALAINEN, R., “In Vitro Abrasion Resistance and Hardness of Glass-Ionomer Cements”, *Dental Materials*, n. 7, pp. 36-39, 1991.
- [23] MONOI, Y., HIROSAKI, K., KOHNO, A., MCCABE, J.F., “Flexural Properties of Resin-Modified “Hybrid” Glass-Ionomers in Comparison with Conventional Acid-Base Glass-Ionomers”, *Dental Materials Journal*, n. 14, pp. 109-119, 1995.
- [24] CRISP, S., FERNER, A.J., LEWIS, B.G., WILSON, A.D., “Properties of Improved Glass Ionomer Cement Formulations”, *Journal Dental*, n. 3, pp. 125-130, 1975.
- [25] MEHROTRA, R.C., BOHRA, R., *Metal Carboxylates*, N. York, Acad. Press, 1983.