



CEPPE
Centro de Pós-Graduação e Pesquisa
Curso de Mestrado em Odontologia área de concentração em Dentística

FERNANDO ALVES FEITOSA

**AVALIAÇÃO DA RADIODENSIDADE DE CIMENTOS
RESINOSOS**

Guarulhos
2010

FERNANDO ALVES FEITOSA

**AVALIAÇÃO DA RADIODENSIDADE DE CIMENTOS
RESINOSOS**

Dissertação apresentada à Universidade
Guarulhos para obtenção do título de Mestre em
Odontologia.

Área de Concentração em Dentística.
Orientador: Prof. Dr. André Figueiredo Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Augusto Rodrigues

Guarulhos
2010

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada "AVALIAÇÃO DA RADIODENSIDADE DE CIMENTOS RESINOSOS" em sessão pública realizada em 31 de Agosto de 2010, considerou o candidato Fernando Alves Feitosa aprovado.

COMISSÃO EXAMINADORA:

1. Prof. Dr. André Figueiredo Reis (UnG)



2. Prof. Dr. Marcelo Tavares de Oliveira (UNINOVE)



3. Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais (UnG)



Guarulhos, 31 de Agosto de 2010.

Feitosa, Fernando Alves

Avaliação da radiodensidade de cimentos resinosos/ Fernando Alves Feitosa. Guarulhos, 2010.

34 f; 31 cm

Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade Guarulhos, 2010.

Orientador: Prof. Dr. André Figueiredo Reis.

Bibliografia: f. 32-34.

1. Agentes de cimentação 2. Cimentos resinosos 3. Radiodensidade 4. Raios X. I. Título II. Universidade Guarulhos.

CDD 617.6

Dedico esta dissertação,

À minha família,

*pelo apoio incondicional, pela confiança, que me
proporcionou a continuidade nos estudos até a
chegada a este mestrado, meus eternos
agradecimentos.*

Ao meu filho Luccas,

*pela paciência e compreensão,
de minhas ausências durante
esse caminho.*

À minha companheira Amélia,

*pelo carinho, ensinamentos, exemplo e dedicação
fundamentais nos momentos mais difíceis.*

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. André Figueiredo Reis pela oportunidade de me orientar, pela paciência e pelo exemplo pessoal e profissional, principalmente na finalização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. José Augusto Rodrigues, não apenas pelo apoio incondicional de sempre, mas também pela confiança despendida durante o curso e a finalização desse trabalho.

À minha querida mãe Rozana pelo carinho confiança e dedicação incondicional em todos os instantes de minha vida.

Ao meu pai Carlos Alberto Alves Feitosa por me conceder a vida e ser exemplo de amor mesmo à distância.

À minha irmã Cristiane Alves Feitosa pelo exemplo de dedicação e perseverança.

Aos meus tios Alexandre Zeminian e Celso Alves Feitosa pela confiança e exemplo de determinação.

À Universidade Guarulhos, pela oportunidade dada na obtenção do título de Mestre.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Guarulhos, na pessoa da Magnífica Reitora Profa. Dra. Dumara Sameshima.

Ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, e às coordenadoras do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Profa. Dra. Magda Feres, e Profa. Dra. Luciene Figueiredo.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Guarulhos, especialmente à Prof. Dra. Alessandra Cassoni e ao Prof. Dr. Cesar Arrais, pelo empenho e dedicação à docência e a Pós-graduação.

Aos amigos de pós graduação, Alline Kasaz, Alexandre Morais, Camila Esteves, Eduardo Leonetti, Flávio França, Felipe Brilhante, Rafael de Oliveira Dias, Stella de Noronha Campos Mendes, Adriana Cutrim de Mendonça, Paulo Kawakami, Ivan Borges, Fábio Matos Chiarelli, Daniel Ferrari e Gláucia Santos Zimmermann pelo companheirismo, amizade, pelo prazeroso convívio nas disciplinas durante esses anos, e por todos os momentos de descontração que ficarão guardados na memória.

Aos amigos Carlos Eduardo Pena e Ronaldo Viotti pelo incentivo e inspiração prévia ao ingresso do programa de mestrado.

Ao professor Mario Perito e professora Tânia pela confiança, exemplo de integridade e incentivo à minha carreira docente.

À secretária de Pós-Graduação Cristina Zoucas, obrigado pela colaboração em todos os momentos.

À Cintia Lobo, Adriana Rose Dias, pela ajuda sempre disponível.

Ao amigo Rodrigo Sversut de Alexandre, pelo companheirismo, amizade durante nossa convivência dentro e fora da universidade.

Ao amigo Fabio Borges pelo companheirismo, dedicação, exemplo e pelos momentos agradáveis durante a convivência que se estende até hoje.

Ao amigo Lincoln Payão e Fabrício Audi Gonçalves pelo companheirismo e confiança que se faz presente mesmo distante.

RESUMO

Um cimento resino ideal, deve ser mais radiopaco que as estruturas dentárias, para facilitar a distinção entre as estruturas no exame radiográfico. Entretanto, a composição dos cimentos resinosos apresenta forte influência em sua radiodensidade. O objetivo desse estudo foi avaliar a radiodensidade de 7 cimentos resinosos (n=8): Panavia F (PA- Kuraray Medical), Enforce (En- Dentsply Latin America), Ecolink (Ek- Ivoclar Vivadent), Rely X ARC (Re- 3M ESPE), Rely X Unicem (Un- 3M ESPE), Multlink (Mk- Ivoclar Vivadent) e Variolink II (Vk- Ivoclar Vivadent). Os cimentos foram manipulados, de acordo com as instruções de seus fabricantes e inseridos em matrizes de acrílico de 1x1x10mm³ e fotopolimerizados por 40s com luz halógena (750mW/cm², Optilux 501). Após 24 h de estocagem em temperatura de 37°C mantendo umidade, em frasco escuro, os corpos de prova foram posicionados sobre um filme radiográfico juntamente com uma escala de alumínio. O filme foi exposto aos raios X com 60kV e 10mA, a uma distância foco-filme de 10 cm por 0,7s. Os filmes foram revelados e a radiodensidade, foi avaliada qualitativamente, com auxílio da escala, sendo o degrau 1 o mais radioluscente e o 10, o mais radiopaco. Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e Dunn (p<0,05). As medianas obtidas foram (letras distintas diferem entre si): Pa= 2^a, En= 3^a; Ec= 3^a; Re=3,5^a, Un=4^{ab}; Mk= 7^b; Vk= 8^b. Conclui-se que os cimentos resinosos diferem em radiopacidade, sendo que, Panavia F, Enforce, Ecolink, e Rely X foram os mais radiolúcidos, Unicem apresentou radiodensidade intermediária, Multilink e Variolink II mostraram-se mais radiopacos.

Palavras-Chave: agentes de cimentação, cimentos resinosos, radiodensidade, raios X.

ABSTRACT

Ideally, luting agents should be more radiopaque than tooth structures in order to differ from the adjacent structures under radiographic examination. However, the radiodensity of resin cements is strongly influenced by the cement composition. The aim of this study was to evaluate the radiodensity of 7 resin cements (n=8): Panavia F (PA- Kuraray Medical), Enforce (En-Dentsply Latin America), Ecolink (Ek- Ivoclar Vivadent), Rely X ARC (Re- 3M ESPE), Rely X Unicem (Un- 3M ESPE), Multlink (Mk- Ivoclar Vivadent) and Variolink II (Vk- Ivoclar Vivadent). The cements were mixed according to manufacturer's instructions and inserted into 1x1x10mm³ acrylic molds and photo-activated for 40s with halogen light (750mW/cm², Optilux 501). After 24 h of storage in relative humidity at 37°C in a dark box for 24h, the specimens were positioned on the X-ray films with an aluminum scale. The film was exposed to 60kV and 10mA X-ray, with a focus-film distance of 10cm for 0.7s. The films were revealed and the radiodensity of the specimens was evaluated qualitatively by ranking according to the scale steps, with rank 1 for the most radiolucent to rank 10 for the most radiopaque. The data were submitted to Kruskal-Wallis and Dunn tests (p<0.05). The median obtained for each cement was (medians followed by different letters differ among them): Pa= 2^a, En= 3^a; Ec= 3^a; Re=3.5^a, Un= 4^{ab}; Mk= 7^b; Vk= 8^b. It can be concluded that resin cements showed different degrees of radiodensity. Panavia F, Enforce, Ecolink, and Rely X ARC were the most radiolucent, Unicem presented intermediary radiodensity, and Multilink and Variolink II were the most radiopaque cements.

Keywords: luting agents, resin cements, radiodensity, X ray.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Proposição.....	14
3. Desenvolvimento	15
4- Considerações Finais	29
5. Referências.....	31

1. Introdução

O uso das porcelanas para restaurações indiretas era restrito até o final do século XX, devido a problemas como fraturas, falhas na cimentação e também a desadaptações na interface dente-restauração (DIETSCHI & SPREAFICO, 1997).

Com as melhorias das propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas observa-se o aumento das indicações entre cirurgiões dentistas, principalmente devido à maior longevidade destas restaurações. Além disso, o desenvolvimento dos cimentos resinosos conferiu também maiores possibilidades de uso e confiabilidade às restaurações indiretas como coroas e próteses fixas (RITTER & BARATIERI, 1999; JUNG et al., 2001).

Os cimentos resinosos podem também ser empregados na fixação de facetas de cerâmica, restaurações indiretas *inlays* de resina composta, bem como bases e na cimentação de pinos intra-radiculares (EL-MOWAFY & BENMERGUI, 1994; TSUGE, 2009).

A longevidade de restaurações indiretas de resina ou cerâmica depende de cada etapa dos procedimentos laboratoriais e clínicos que devem garantir forma de resistência e retenção com um preparo adequado, sendo que muitas vezes a forma de retenção vai ser obtida somente por meio do uso do cimento resinoso (ZALKING & HOCHMAN, 1997).

Apesar da extensa gama de cimentos resinosos e adesivos disponíveis atualmente, não há ainda um sistema cimentante ideal para todas as situações clínicas (FEDERLIN et al., 2004). Assim, a escolha do agente de cimentação deve se basear nas suas propriedades físicas, biológicas e de manipulação, somadas às características do remanescente dentário preparado e da peça protética (FEDERLIN et al., 2004; FEDERLIN et al., 2005).

Esses sistemas devem ser biocompatíveis, promover adesão entre a estrutura dental e a restauradora, ser resistente a degradação e as forças mecânicas resultantes da mastigação (TAKESHITA et al 2004).

Além dessas propriedades, os cimentos resinosos devem apresentar radiopacidade suficiente para que sejam detectados e distinguidos do esmalte e dentina (ADA 2003). A base e as paredes das restaurações devem ser facilmente visíveis, para detectar não somente material em excesso mas também lesões de cáries, que são radiolúcidas, e podem se desenvolver abaixo das restaurações (ADA 2003), facilitando a avaliação radiográfica das restaurações e permitindo a detecção de cáries secundárias, avaliação de defeitos marginais, verificação do contorno da restauração e contato com dentes adjacentes, presença de excesso de cimento, e fendas marginais (TVEIT & ESPELID, 1986; ESPELID et al.,1991; AKERBOOM et al.,1993; HARA et al., 2001; TURGUT et al., 2003; SOARES et al. 2007).

Entretanto, os materiais resinosos originais eram radiolúcidos, e a radiodensidade das resinas compostas e dos cimentos resinosos dependem da inserção de partículas de carga radiopacas em sua formulação, e varia ainda em função do tamanho, tipo e quantidade. A utilização de elementos de número atômico baixo como o Alumínio (Al-13) e o Silício (Si-14) resulta em um material radiolúcido, entretanto quando adicionados elementos com número molecular altos como o Zinco (Zn-30), Estrôncio (Sr-38), Ítrio (Y-39), Zircônio (Zr-40), Bário (Ba-56), Lantânio (La-57), Itérbio (Yb-70), Tântalo (Ta-73) e o Bismuto (Bi- 83), confere-se aos cimentos resinosos maior radiodensidade (SABBAGH et al., 2004; CRUVINEL et al. 2007; BALDEA et al. 2009; COLLARES et al 2010).

A radiopacidade necessária para uma performance clínica ideal pode variar dentro da mesma classe de materiais (HARA et al., 2001, SOARES 2007). El Mowafy & Benmergui compararam a radiodensidade de nove cimentos resinosos em 1994 por densitometria ótica, e observaram uma grande variação, sendo que cinco destes foram mais radiopacos que o esmalte dental e dois menos. Os autores concluíram que somente os cimentos resinosos com radiodensidade similar ou superior do esmalte devem ser utilizados.

Hara et al., em 2001 avaliaram a radiodensidade de sete materiais restauradores ionoméricos por meio da confecção de corpos de prova de 2

mm de altura e subsequente exposição a raios X sobre filmes radiográficos. Utilizando uma escala de alumínio para comparação dos materiais observaram que a maioria dos híbridos de ionômero de vidro e resina composta possuem radiodensidade superior a estrutura dental, somente um ionômero de vidro modificado por resina e o cimento de ionômero de vidro convencional foram mais radiolúcidos que a estrutura dental. Esta diferença ocorreu devido a maior presença de cálcio e pó de flúor-alumínio silicato de vidro no cimento convencional e no híbrido que não são radiopacos.

A especificação no. 27 da ADA exige que um material resinoso restaurador, de 1 mm de espessura, deve apresentar radiodensidade similar a uma chapa de alumínio de 1mm de espessura, o que é equivalente a dentina e sugere o uso de densitômetros fotográficos para esta análise (ADA 2003).

Takeshita et al. em 2004 avaliaram a radiodensidade de corpos-de-prova de resinas compostas com diferentes espessuras e observaram que todas as resinas testadas apresentaram radiodensidade maior que o esmalte dental observaram ainda um aumento de radiodensidade linear em função do aumento da espessura testada. Encontraram também diferenças estatísticas significativas entre a radiodensidades das resinas, sendo que tal variação foi atribuída a presença de diferentes elementos químicos na constituição das mesmas.

Cruvinel et al. (2007) avaliaram por densitometria ótica a radiodensidade de cinco materiais resinosos em função do envelhecimento por armazenagem em água. E não observaram diferenças estatísticas, mesmo após o envelhecimento, que poderia promover a degradação da matriz da resina resultando na perda das partículas de carga que conferem a radiodensidade ao material.

No mesmo ano, Soares et al. utilizaram densitometria ótica e EDS (espectroscopia por energia dispersiva) para determinar a radiodensidade e a porcentagem de elementos químicos radiopacos da carga inorgânica de 4 resinas compostas. Observaram que as resinas possuíam de 13% a 29% de partículas radiopacas e as com maior porcentagem de Bário (Esthet.X e

4Seasons) apresentaram-se mais radiodensas que as que continham maior porcentagem de Zircônia (Supreme e Z250).

Baldea et al. (2009) avaliaram a radiodensidade de 7 resinas de baixa viscosidade e observaram que somente a que continha vidro de Bário e trifluoreto de itérbio apresentou maior radiodensidade que o esmalte dental, sendo que 4 delas foram mais radiolúcidas que o esmalte dental.

Recentemente Tsuge et al. (2009) compararam a radiodensidade de 6 ionômeros de vidro modificados por resina, 2 resinas acrílicas e 9 cimentos resinosos com esmalte e dentina por meio de uma escala de alumínio. Somente o Panavia F foi mais radiolúcido que o esmalte dental e apresentou radiopacidade semelhante à dentina. O Rely X ARC apresentou radiodensidade similar ao esmalte dental.

E para o controle radiográfico e preservação do remanescente dental alguns autores consideram que um material utilizado como base ou forramento deve apresentar uma radiopacidade semelhante ou maior do que a da dentina para garantir que o material não seja confundido com dentina cariada (MJÖR,1972); no entanto, outros autores consideram que os materiais restauradores necessitam apresentar radiopacidade levemente maior que a do esmalte (EL-MOWAF & BENMERCUI, 1994).

Baseado na literatura, sabe-se que materiais muito radiodensos (radiopacos) podem dificultar o diagnóstico (ESPELID et al., 1991), pois podem obscurecer lesões de cárie ao lado da restauração causando um efeito *burnout*, no qual uma região tem sua radiolucência intensificada, por uma ilusão de ótica, quando ao lado de outra muito radiopaca (BERRY 1983). Já materiais menos radiodensos (radiolúcidos) aparecerão como uma camada separada (AKERBOOM et al., 1993). Assim, materiais com radiodensidade moderada são mais adequados do que os mais radiopacos (ESPELID et al., 1991).

Desta forma, a avaliação da radiopacidade de cimentos resinosos é importante, pois são materiais bastante utilizados para cimentação.

2. Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar a radiodensidade de 7 cimentos resinosos disponíveis no mercado odontológico.

3. Desenvolvimento

Comparison of the radiodensity of several luting materials

Fernando A. Feitosa¹, Michele de Oliveira¹, André F. Reis², José A. Rodrigues²

1- DDS, Graduate Student (Operative Dentistry Master Program), Dental Research and Graduate Studies Division, Department of Restorative Dentistry, Guarulhos University, Guarulhos, SP, Brazil.

2- DDS, MS, PhD, Dental Research and Graduate Studies Division, Department of Restorative Dentistry, Guarulhos University, Guarulhos, SP, Brazil.

Corresponding author: Jose A. Rodrigues

Praça Tereza Cristina, 229 Guarulhos, SP, CEP: 07023-070 Brazil. /

Phone/Fax: +55 11 24641758

e-mail: jrodrigues@prof.ung.br (e-mail to be published)

Abstract

Ideally, luting agents should be more radiopaque than tooth structures in order to differ from the adjacent structures under radiographic examination. However, the radiodensity of resin cements is strongly influenced by the cement composition. The aim of this study was to evaluate the radiodensity of 7 resin cements (n=8): Panavia F (PA- Kuraray Medical), Enforce (En-Dentsply Latin America), Ecolink (Ek- Ivoclar Vivadent), Rely X ARC (Re- 3M ESPE), Rely X Unicem (Un- 3M ESPE), Multlink (Mk- Ivoclar Vivadent) and Variolink II (Vk- Ivoclar Vivadent). The cements were mixed according to manufacturer's instructions and inserted into 1x1X10mm³ acrylic molds and photo-activated for 40s with halogen light (750mW/cm², Optilux 501). After 24 h of storage in relative humidity at 37°C in a dark box for 24h, the specimens were positioned on the X-ray films with an aluminum scale. The film was exposed to 60kV and 10mA X-ray, with a focus-film distance of 10cm for 0.7s. The films were revealed and the radiodensity of the specimens was evaluated qualitatively by ranking according to the scale steps, with rank 1 for the most radiolucent to rank 10 for the most radiopaque. The data were submitted to Kruskal-Wallis and Dunn tests (p<0.05). The median obtained for each cement was (medians followed by different letters differ among them): Pa= 2^a, En= 3^a; Ec= 3^a; Re=3.5^a, Un= 4^{ab}; Mk= 7^b; Vk= 8^b. It can be concluded that resin cements showed different degrees of radiodensity. Panavia F, Enforce, Ecolink, and Rely X ARC were the most radiolucent, Unicem presented intermediary radiodensity, and Multilink and Variolink II were the most radiopaque cements.

Keywords: luting agents, resin cements, radiodensity, X ray.

Introduction

Resin luting agents are used for cementing indirect restorations (TSUGE, 2009) and are commonly used for the cementation of fiber posts (MONTICELLI et al., 2006). Radiopacity is one of the prerequisites for resin luting cements especially when they are selected for seating indirect restorations (TSUGE, 2009) and posts, enabling the detection of marginal defects, contour of restoration, contact with adjacent teeth, cement overhangs, interfacial gaps, and secondary caries (CRUVINEL et al., 2007; SOARES et al., 2007)

Radiographic assessment is frequently used to detect occlusal and proximal primary and recurrent caries. Restorative materials with radiodensity lower than enamel and dentin are difficult to distinguish from dental caries and it can be interpreted as caries when none exists (ESPELID et al., 1991). Many studies have reported that to improve their clinical detection, the minimum radiopacity level of composite resin restorations should be higher than that of dentine or slightly in excess than that of enamel (ESPELID et al., 1991).

Most fiber posts present lower radiopacity than dental structures, and the use of highly radiopaque resin cements becomes important in the rehabilitation of endodontically treated teeth with fiber posts. This property improves the radiographic evaluation of fiber posts, that should be closely adapted to root canal spaces, with the canal walls being surrounded by a thin and uniform film of resin cement (MONTICELLI, et al., 2006).

The radiodensity of resin cements can be influenced by the filler content and its composition. Components such as barium, ytterbium trifluoride, zirconium, and strontium present in the resin cement, and their proportion

(WATTS, 1987) are determinants of the material radiopacity. Since a radiopaque resin cement is desired to improve diagnosis contrast with dental structure and this property depends on filler composition, the aim of the present study was to compare the radiodensity of 7 resin cements currently available in the market. The null hypothesis was that there is no difference in the radiodensity of the resin cements.

Methods and Materials

This study evaluated seven resin luting cements (n=8): Rely X Unicem (A2, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), Variolink II (Transparent, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Ecolink (A2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Enforce (A2, Dentsply Latin America), Rely X ARC (A3, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), Panavia F (Kuraray Medical, Kurashiki, Japan) and Multilink (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). The experimental units were 56 specimens. Composition, batch number and manufacturers of the luting agents are listed in Table 1.

Eight specimens of each luting cement were prepared in a polytetrafluorethylene split mold with a cross-section of 1mm x 1mm and 10mm depth. Luting cements were mixed following manufacturers' instructions and applied into the mold with a lentulo drill (Dentsply/Maillefer - Maillefer Instruments AS, Ballaigues, Switzerland). The resin luting cements were irradiated from the top surface for 40s using a visible light curing unit (Optilux 501, Sybron Kerr, Danbury, CT, USA) with a power output of 750 mW/cm², except for the chemically cured luting agent (Multilink) that was set to the chemical cure for 10 minutes. After polymerization, the clamp was

opened and specimens were removed from the molds and stored in relative humidity at 37°C in a dark box for 24h, prior to radiographic procedures.

The specimens were randomly placed on seven periapical dental films (Ektaspeed, Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA) with a ten-step aluminum step wedge as a control. Radiographic exposure was taken using a dental x-ray (Spectro 70X Electronic, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brazil) set at 60KV, with a current of 10mA and a standard exposure time of 0.7 seconds. Focus-film distance was kept constant at 10cm. The films were processed manually in a tank with the same holder. The lightproof wrappers were removed from the films, the films were placed on the holder and the film holder was immersed in the developing solution for 1 minute, moving the holder up and down several times to break up air bubbles. After that, the film holder was removed, rinsed in water for 20 seconds and immersed in the fixing solution for 10 minutes for unexposed silver crystals to be removed from the films. Upon the completion of fixation, the film holder was immersed in fresh circulating water 20 minutes and dried in x-ray film drier.

Two independent examiners blindly evaluated the radiographs using a standardized illumination source in a dark room. Scores from 1 to 10, from the most radiolucent to the most radiopaque in the aluminium scale (mm Al/mm specimen), were given to each specimen by comparing them to the aluminium stepwedge.

The median score of each examiner was used in the non-parametric Kruskal-Wallis test to compare the resin luting cements and the Dunn Test was used to determine the paired differences.

Results

Results for the radiodensity measurements, median scores, amplitude, lower and higher values and statistical analysis are displayed in Table 2. Kruskal-Wallis and Dunn test revealed significant differences among materials ($p < 0.05$). The lowest radiodensity were recorded for Panavia F, Enforce, Ecolink, and Rely X ARC, which did not differ from each other. On the other hand, Multilink and Variolink II were the most radiopaque cements. Rely X Unicem showed an intermediary radiopacity and presented no significant differences from the other resin cements.

Discussion

Metallic restorations are easily detected on radiographs because they are highly radiopaque. On the other hand, polymers are radiolucent, and difficult to be detected. Adequate radiopacity of restorative materials is important for a dentist to clearly delineate between the restoration and the tooth structure. It's important not only to detect any extruding material, but also to allow the diagnosis of secondary caries, the detection of voids, and gaps (HARA et al., 2001). With the increasing use and indication of fiber posts, which are radiolucent materials, resin cements with adequate radiodensity are important to detect the adaptation and presence of fiber posts within the root canal.

The ISO requires a minimal radiopacity equivalent to 3 mm of aluminium for root materials (Standardization 2001; COLLARES et al., 2010). ANSI/ADA Specification No. 27 and ISO 4049:2000 requires that a resin-

based composite material needs to present radiopacity equivalent to 1 mm of aluminum, which is approximately equal to natural tooth dentin. In the test, a 1-mm-thick, disk-shaped sample of the resin-based composite is placed alongside a 1-mm-thick piece of aluminum, and a radiograph is taken. The film is developed, and a photographic densitometer is used to determine the different optical densities of the resin-based composite material and the aluminum. If the optical density of the image of the resin-based composite material is higher than or similar to that of the image of the aluminum, the material complies with the standard.

Although there are established ISO and ANSI/ADA protocols for determining radiopacity using film-based radiography, these methods are not always followed by researchers. The use of an aluminium step wedge as a reference, which transforms readings of light transmission in the radiograph into an equivalent thickness of aluminium, was first described by Eliasson and Haasken (1979), and has some advantages, such as low cost and the possibility of the qualification of differences in the radiodensity of restorative materials.

In order to solve the limitation of the lower radiodensity of polymers, if compared to metallic restorations, a considerable amount of high-atomic-number compounds have been incorporated in the formulation of resin-based composite dental materials, such as metal oxides, which are radiopaque elements (TSUGE, 2009; TOYOOKA et al., 1993). The most important factor that can influence the radiopacity of dental materials is the atomic number of the elements in their constituent materials and the proportion of these elements in the materials composition (TOYOOKA et al., 1993; WATTS,

1993). The most used metal ions are Zinc (Zn- atomic number 30), Strontium (Sr- 38), Yttrium (Y- atomic number 39), Zirconium (Zr- atomic number 40), Barium (Ba- atomic number 56), Lanthanum (La- atomic number 57), Ytterbium (Yb- atomic number 70) and Bismuth (Bi- 83) (COLLARES et al., 2010; SABBAGH et al., 2004; CRUVINEL et al., 2007).

On the other hand, the incorporation of high amounts of metal oxides in resin cements may be disadvantageous, if the resin-based composite material needs to present low viscosity, like in resin cements. Despite the raise of the cement viscosity by the increase in filler content, the most regular radiopaque composite filler formulations include metal glasses for radiopacity and high SiO₂ content is required for coupling. Then this elements increase solubility, and barium or strontium ions can disrupt the aluminum-silicate network leading to a more intense degradation of dental composites in the oral environment (SÖDERHOLM, 1983, 1984). The combination of metallic elements may affect the composite refractive index, as a result, the shade of the material will change from transparent to a whitish or metallic color and the esthetic result may be compromised (SÖDERHOLM, 1983, 1984).

Since differences in the composition, mainly in the filler content may influence not only the radiopacity, but it can also influence other properties of the resin cements, there is a great variation among commercial brands in order to balance this properties.

The present study compared the radiodensity of seven resin cements and significant differences were observed among materials. Thus, the null hypothesis was rejected. Panavia F, Enforce, Ecolink and Rely X ARC cements presented the lowest radiodensity values, followed by Rely X

Unicem, which presented intermediate values, and Variolink II and Multilink, which presented the highest radiodensity values among the resin cements.

In agreement with our results, Tsuge (2009) described a higher median of radiodensity (mm Al/2 mm specimen) for Variolink II (9.9) compared to Panavia F (2.3), and Rely X ARC (4.6), and the high radiopacity values of Variolink II was attributed to the incorporation of Ytterbium trifluoride (YbF_3) into the Base paste. Both Variolink II and Multilink resin cements evaluated in this study present barium glass filler and ytterbium trifluoride in its contents, both of which present high atomic numbers (56 and 70 respectively) and a high filler volume. The median of mm Al/mm specimen were 8.0 and 7.0 respectively. The self-adhesive cement Rely X Unicem did not differ from the other cements, presenting intermediary radiodensity. Although the radiodensity reported for Unicem in the technical profile is 2.43 mm Al, in the present study it showed a higher value with median of 4.0 mm Al/mm specimen. This result may be due the presence of strontium (atomic number 38), silica and glass powder.

Evaluating the effect of aging in the radiopacity of resin based materials, Cruvinel et al (2007) found no significant changes after 384 hours of artificial accelerated aging and described the radiodensity of Enforce as 1.56 mm of Aluminum. In the present study Enforce showed a medium of 3.0 mm aluminium due to presence of Barium and Aluminum in the formulation. The material radiodensity may be influenced by several factors such as the specimen thickness, the angulation of the X ray beam, the type of X ray film and the age of developing and fixing solutions. These factors were

standardized in the current investigation to present no influence in the resin cements evaluation.

According to Tsuge (2009) enamel and dentin radiodensity corresponds to 4.3 and 2.3 mm of aluminum/2mm specimen respectively, and these values are close to the radiodensity of the resin cements evaluated in the present investigation. Thus, it can be concluded that all materials demonstrated adequate radiodensity for clinical use. In addition, all cements presented radiodensity values higher than 1-mm-thick of aluminum and are in accordance to the ANSI/ADA Specification No. 27.

Conclusion

All materials demonstrated adequate radiodensity for clinical use. Panavia F, Enforce, Ecolink, and Rely X were the most radiolucent, Unicem presented intermediary radiodensity values, and Multilink and Variolink were the most radiopaque cements.

References

- ADA Division of Science, ADA Council on Scientific Affairs. Resin-based composites. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(4):510-2.
- Collares FM, Ogliari FA, Lima GS, Fontanella VR, Piva E, Samuel SM. Ytterbium trifluoride as a radiopaque agent for dental cements. *Int Endod J.* 2010 Jun 23.
- Cruvinel DR, Garcia LFR, Casemiro LA, Pardini LC, Pires-de-Souza FCP. Evaluation of Radiopacity and Microhardness of Composites Submitted to Artificial Aging. *Mater Res.* 2007;10(3):325-329.
- Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1979; 47(5): 485-491.
- Espelid I, Tveit AB, Erickson RL, Keck SC, Glasspoole EA. Radiopacity of restorations and detection of secondary caries. *Dent Mater.* 1991;7(2):114-7.
- Hara AT, Serra MC, Rodrigues Júnior AL. Radiopacity of glass-ionomer/composite resin hybrid materials. *Braz Dent J.* 2001;12(2):85-9.
- Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, Toledano M. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;77(1):195-200.
- Sabbagh J, Vreven J, Leloup G. Radiopacity of resin-based materials measured in film radiographs and storage phosphor plate (Digora). *Oper Dent.* 2004;29(6):677-84.
- Sigemori RM, Reis AF, Giannini M, Paulillo LA. Curing depth of a resin-modified glass ionomer and two resin-based luting agents. *Oper Dent.* 2005;30(2):185-9.

Soares CG, Carracho HG, Braun AP, Costa NP, Veeck EB. Densidade óptica e composição química de resinas compostas. Cienc odontol Bras. 2007;10(4):61-69.

Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. Journal of Dental Research 1984; 63(10): 1248-1254.

Söderholm KJ. Leaking of fillers in dental composites. Journal of Dental Research 1983; 62(2):126-130.

Standardization I of ISO 6876 (2001) Dental Root Canal Sealing Materials, 2nd edn. Geneva, Switzerland.

Toyooka H, Taira M, Wakasa K, Yamaki M, Fujita M, Wada T. Radiopacity of 12 visible-light-cured dental composite resins. J Oral Rehabil. 1993;20(6):615-22.

Tsuge T. Radiopacity of conventional, resin-modified glass ionomer, and resin-based luting materials. Oral Sci. 2009;51(2):223-30

Watts DC. Radiopacity vs. composition of some barium and strontium glass composites. J Dent. 1987;15(1):38-43.

Table 1. Materials, manufacturers, batch number and composition of the

Material (Batch #)	Composition	Manufacturers
Panavia F (51136)	Paste A: 10-MDP, silanated silica hydrophobic aromatic and aliphatic dimethacrylate, hydrophilic dimethacrylate photoinitiator, dibenzoyl peroxide. Paste B: silanated barium glass, sodium fluoride, sodium aromatic sulfinate, dimethacrylate monomer, BPO	Kuraray Medical, Kurashiki, Japan
Enforce (692278)	Base paste: TEGDMA, Boron glass, Aluminum Silicate and Silanized Barium, Silanized Pyrolytic Silica, CQ, EDAB, BHT, Mineral Pigments, DHEPT. Catalyzing Paste: Titanium Dioxide, Silanized Pyrolytic Silica, Mineral Pigment, Bis-GMA, BHT, EDAB TEGDMA, Benzoyl peroxide.	(Dentsply Latin America, Petropolis, RJ, Brazil)
Ecolink (H16038)	Paste of dimethacrylates, inorganic fillers, ytterbiumtrifluoride, initiators, stabilizers and pigments Bis-GMA; TEGDMA; urethane dimethacrylate; benzoyl peroxide	(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
Rely X ARC (FMGG)	Bis-GMA, TEGDMA polymer, zirconia/silica filler	(3M ESPE, St. Paul, MN, USA)
Unicem A2 (233749)	Powder: glass powder, silica, calcium hydroxide, self-curing initiators, pigments, light-curing initiators, substituted pyrimidine, peroxy compound. Liquid: methacrylated phosphoric esters, dimethacrylates, acetate, stabilizers, self-curing initiators, light-curing initiators.	(3M ESPE, St. Paul, MN, USA)
Multlink (FL-9494)	Dimethacrylate and HEMA, Barium glass filler, Ytterbium trifluoride, Silicon dioxide filler initiators, stabilizers, and pigments.	(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
Variolink II Transparent (J26921)	Paste of dimethacrylates, inorganic fillers (silica, barium glass) Ytterbium trifluoride, initiators, stabilizers and pigments	(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Table 2- Median, amplitude, lower and higher score of radiopacity of resin luting cement (in mm Al/mm specimen).

	Median (Dunn*)	Amplitude	Lower	Higher
Panavia F	2.0 A	2	1	3
Enforce	3.0 A	2	2	4
Ecolink	3.0 A	2	3	5
Rely X ARC	3.5 A	7	1	8
Unicem	4.0 AB	4	1	5
Multlink	7.0 B	2	4	6
Variolink II	8.0 B	5	5	10

* Values followed by different letters are significant different from each other.

4- Considerações Finais

A pesquisa científica em materiais dentários busca constantemente o aperfeiçoamento das propriedades a fim de alcançar os materiais mais adequados para as diferentes situações clínicas. Dentre as propriedades de um cimento odontológico, um dos objetivos desejados é fazer-lhes radiopaco o bastante para permitir a distinção de outras estruturas dentais ou restauradoras como cerâmicas ou pinos durante as avaliações radiográficas (TURGUT et al., 2003). A adição de elementos químicos com números atômicos elevados resultam em materiais mais radiopacos (ESPELID et al., 1991; HARA et al., 2001; HARA et al., 2001; TURGUT et al., 2003), porém devem ser empregados em proporções para não prejudicarem outras propriedades, o que resulta em uma diversa gama de materiais disponíveis no mercado odontológico.

A composição atômica, a densidade de cada átomo da matéria, sua estrutura física, e sua espessura podem também influenciar na radiopacidade dos materiais (FONSECA et al., 2006; FONSECA et al., 2004).

Comparando a composição química e os dados presentes na literatura com os resultados obtidos, nota-se que os cimentos Multilink e Variolink II contém Trifluoreto de Itérbio e Bário em sua composição. O Itérbio apresenta número atômico 70, sendo o constituinte de peso molecular mais elevado dentre os pesquisados e portanto, apresentando maior radiopacidade quando comparados aos outros materiais.

O cimento Ecolink também apresenta o elemento Itérbio em sua composição, porém o resultado de radiopacidade foi significativamente inferior, possivelmente devido a uma menor concentração de Trifluoreto de Itérbio e Bário em sua composição. O cimento resinoso Panavia F também contém Bário (número atômico 56) e apresentou os menores valores de radiopacidade durante o estudo, no entanto não diferiu significativamente do Ecolink, Rely X, Enforce e Unicem.

Em função da especificação da ISO e ANSI/ADA No. 27, que descreve que um material resinoso deve possuir radiodensidade igual ou superior a

mesma espessura de alumínio, e da norma ISO 2001 que determina que a radiodensidade seja de 3mm de alumínio para materiais intra-radiculares, e que os materiais estudados possuíam radiodensidade pelo menos duas vezes maior que a mesma espessura de alumínio, todos podem ser considerados adequadamente radiopacos para uso clínico, mesmo tendo o Panavia F apresentado mediana equivalente a 2mm de alumínio pois não diferiu do Enforce, Ecolink, Rely X ARC ou Rely X com radiodensidade de 3 a 4 mm de alumínio.

5. Referências

- Akerboom HB, Kreulen CM, van Amerongen WE, Mol A. Radiopacity of posterior composite resins, composite resin luting cements, and glass ionomer lining cements. *J Prosthet Dent.* 1993 Oct;70(4):351-5.
- American National Standard/American Dental Association specification no. 27 for resin-based filling materials. Chicago: American dental Association, Council on Scientific Affairs; 1993.
- Baldea B, Furtos G, Bratu D, Prejmerean C, Moldovan M, Moldovan M, Silaghi-Dumitrestrescu L. Radiopacity of flowable resin composite. *OHDMBSC.* 2009;8(4):38-43.
- Berry HM Jr. Cervical burnout and Mach band: two shadows of doubt in radiologic interpretation of carious lesions. *J Am Dent Assoc.* 1983 May;106(5):622-5.
- Collares FM, Ogliari FA, Lima GS, Fontanella VR, Piva E, Samuel SM. Ytterbium trifluoride as a radiopaque agent for dental cements. *Int Endod J.* 2010 Jun 23.
- Cruvinell DR, Garcia LFR, Casemiro LA, Pardini LC, Pires-de-Souza FCP. Evaluation of radiopacity and microhardness of composites submitted to artificial aging. *Mat Res.* 2007;10(3):325-329.
- Dietschi D, Spreafico R. *Restaurações adesivas: Conceitos atuais para o tratamento estético de dentes posteriores.* São Paulo: Quintessence Publishing, 1997, 156p.
- el-Mowafy OM, Benmergui C. Radiopacity of resin-based inlay luting cements. *Oper Dent.* 1994;19(1):11-5.
- Espelid I, Tveit AB, Erickson RL, Keck SC, Glasspoole EA. Radiopacity of restorations and detection of secondary caries. *Dent Mater.* 1991;7(2):114-7.

- Federlin M, Schmidt S, Hiller KA, Thonemann B, Schmalz G. Partial ceramic crowns: influence of preparation design and luting material on internal adaptation. *Oper Dent*. 2004 Sep-Oct;29(5):560-70.
- Federlin M, Sipos C, Hiller KA, Thonemann B, Schmalz G. Partial ceramic crowns. Influence of preparation design and luting material on margin integrity--a scanning electron microscopic study. *Clin Oral Investig*. 2005 Mar;9(1):8-17.
- Fonseca RB, Haiter-Neto F, Fernandes-Neto AJ, Barbosa GA, Soares CJ. Radiodensidade do esmalte e do dentina dos dentes do ser humano, dos Bovineos e dos suínos. *Biol oral*. 2004; 49:919-922.
- Fonseca RB, Branco CA, Soares PV, Correr-Sobrinho L, Haiter-Neto F, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. Radiodensity of base, liner and luting dental materials. *Clin Oral Investig*. 2006;10(2):114-8.
- Hara AT, Serra MC, Rodrigues Júnior AL. Radiopacity of glass-ionomer/composite resin hybrid materials. *Braz Dent J*. 2001;12(2):85-9.
- Mjör IA. Human coronal dentin: structure and reactions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;33:810-823.
- Ritter AV, Baratieri LN. Ceramic restorations for posterior teeth: guidelines for the clinician. *J Esthet Dent*. 1999;11(2):72-86.
- Sabbagh J, Vreven J, Leloup G. Radiopacity of resin-based materials measured in film radiographs and storage phosphor plate (Digora). *Oper Dent*. 2004;29(6):677-84.
- Soares CJ, Santana FR, Fonseca RB, Martins LR, Neto FH. In vitro analysis of the radiodensity of indirect composites and ceramic inlay systems and its influence on the detection of cement overhangs. *Clin Oral Investig*. 2007 Dec;11(4):331-6.
- Standardization I of ISO 6876 (2001) Dental Root Canal Sealing Materials, 2nd edn. Geneva, Switzerland.

- Takeshita WM, Santos LRA, Castilho JCM, Médici Filho E, Moraes LC, Sannomiya EK. An investigation of the optical density of composite resin using digital radiography. *Cienc Odontol Bras* 2004;7(2):6-11.
- Tsuge T. Radiopacity of conventional, resin-modified glass ionomer, and resin-based luting materials. *Oral Sci.* 2009;51(2):223-30
- Turgut MD, Attar N, Onen A. Radiopacity of direct esthetic restorative materials. *Oper Dent.* 2003 Sep-Oct;28(5):508-14.
- Tveit AB, Espelid I. Radiographic diagnosis of caries and marginal defects in connection with radiopaque composite fillings. *Dent Mater.* 1986 Aug;2(4):159-62.
- Zalkind M, Hochman N. Laminate veneer provisional restorations: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 1997 Feb;77(2):109-10.